

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Srovnání parametrů a funkcí L3 přepínačů Huawei a Cisco
Comparison of Parameters and Functions of Huawei and Cisco
L3 Switches**

2013

Ondřej Velička

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Velička**
Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie
Studijní obor: 2612R059 Mobilní technologie
Téma: Srovnání parametrů a funkcí L3 přepínačů Huawei a Cisco
Comparison of Parameters and Functions of Huawei and Cisco L3 Switches

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je srovnat parametry a funkce L3 přepínačů dvou různých výrobců - Huawei a Cisco.

Osnova práce:

1. Popište základní parametry a funkce L3 přepínačů Huawei a Cisco.
2. V laboratorním prostředí otestujte alespoň 3 funkce obou typů zařízení.
3. Ověřte kompatibilitu obou typů zařízení.

Seznam doporučené odborné literatury:

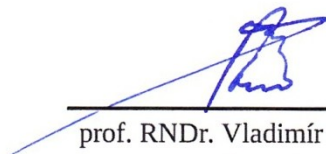
Dokumentace k zařízením Huawei a Cisco.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

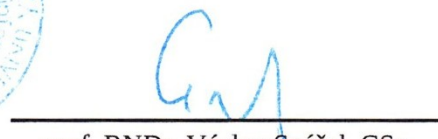
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Machník, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 1.5.2013


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Petru Machníkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá srovnáním parametrů a funkcí L3 přepínačů dvou různých výrobců – Huawei a Cisco. Nejprve se zde dočtete podrobné informace o konkrétních zařízeních, které byly používány při praktickém ověřování kompatibility různých funkcí. Jedná se především o bližší informace o specifických vlastnostech a možnostech těchto zařízení, o jejich možném využití v reálných sítích, o hardwarových parametrech a v neposlední řadě i o jejich softwarové výbavě. Další částí této práce je popis a rozbor čtyř vybraných funkcí, které byly na zařízeních obou výrobců testovány. V této části naleznete základní informace o těchto funkcích, o jejich principu fungování a hlavně o praktickém vyzkoušení těchto funkcí. Dočtete se zde, jaké problémy nastaly při jejich konfiguraci, a zda jsou zařízení obou výrobců vzájemně kompatibilní. Obsahem práce jsou rovněž i podrobné návody na konfiguraci zařízení Huawei, která jsou zde méně známá a také celkové zhodnocení a srovnání zařízení výrobců Huawei a Cisco.

Klíčová slova

L3 přepínač, Huawei, Cisco, OSPF, směrování, funkce, parametry, VLAN, MST, RIPng, srovnání, kompatibilita

Abstract

This bachelor thesis concerns comparison of parameters and functions of two different producers of L3 switches – Huawei and Cisco. Firstly you can read here detailed information about specific devices which were used in practical verification of compatibility of various functions. It is mainly about specific attributes and possibilities of these devices, about their possible use in real sites, about hardware parameters and about their software too. In the next part of this thesis is description and analysis of four selected functions tested on this devices of the both marks. In this part, you can find the basic information about these functions, about their principle of working and mainly about practical testing of these functions. You can read here which troubles has occurred when the functions were configured and if the devices of the both producers are compatible to each other. This thesis contains detailed instructions of configuration of Huawei devices too which are less known, and complete evaluation and comparison of devices from producers Huawei and Cisco.

Key words

L3 switch, Huawei, Cisco, OSPF, routing, features, parameters, VLAN, MST, RIPng, comparison, compatibility

Seznam použitých zkratek

| Zkratka | Anglický význam | Český význam |
|-------------------|---|--|
| ACL | Access Control List | Seznam obsahující pravidla pro vstup do sítě přes směrovač |
| ARP | Address Resolution Protocol | Získávání MAC k IP adrese |
| AS | Autonomous System | Autonomní systém |
| BGP | Border Gateway Protocol | Směrovací protokol BGP |
| BPDU | Bridge Protocol Data Units | Typ komunikačních zpráv mezi zařízeními |
| DHCP | Dynamic Host Configuration Protocol | Dynamické přidělování adres |
| DoS | Denial of Service | Odmítnutí služby |
| IEEE | The Institute of Electrical and Electronics Engineers | Institut inženýrů elektřiny a elektroniky |
| IGMP | Internet Group Management Protocol | Rozšiřuje požadavky protokolu IPv4 |
| IP adresa | Internet Protocol Address | Adresa internetového protokolu |
| IPv4 | Internet Protocol version 4 | Internetový protokol verze 4 |
| IPv6 | Internet Protocol version 6 | Internetový protokol verze 6 |
| LAN | Local Area Network | Místní síť |
| LMS | LAN Solution Manager | Soubor užitečných nástrojů pro správu sítě |
| MAC adresa | Media Access Control Address | Jedinečný identifikátor síťového rozhraní |
| MPLS | Multiprotocol Label Switching | Víceprotokolové identifikační přepínání |
| MST | Multiple Spanning Tree | Zamezuje vzniku smyček v síti |
| MTU | Maximal Transfer Unit | Maximální velikost paketu |
| NAC | Network Access Control | Kontrola síťových přístupů |
| NDP | Neighbor Discovery Protocol | Sbírá data o sousedních zařízeních |
| OS | Operating system | Operační systém |
| OSPF | Open Shortest Path First | Interní směrovací protokol |
| OSPFv3 | Open Shortest Path First version 3 | Interní směrovací protokol pro IPv6 síť |
| PC | Personal Computer | Osobní počítač |
| PoE | Power over Ethernet | Napájení po síťovém kabelu |
| PVST | Per-VLAN Spanning Tree | Vlastní STP od společnosti Cisco |
| QinQ | QinQ | Vícevrstvé značkování virtuálních sítí |

| | | |
|---------------|--|--|
| QoS | Quality of Service | Kvalita služby |
| RADIUS | Remote Authentication Dial In User Service | Uživatelská vytáčená služba pro vzdálenou autentizaci |
| RIP | Routing Information Protocol | Interní směrovací protokol |
| RIPng | Routing Information Protocol new generation | Interní směrovací protokol pro IPv6 síť |
| RTC | Real-time clock | Hodiny zobrazující aktuální čas |
| SDM | Switch Database Management | Šablony obsahující různé specifikace příkazů |
| SFP | Small Form-Factor Pluggable | Rozšiřující port pro optiku |
| SNMP | Simple Network Management Protocol | Protokol pro správu sítí |
| SSH | Secure Shell | Zabezpečený komunikační protokol |
| STP | Spanning Tree Protocol | Zamezuje vzniku smyček v síti |
| SW | Switch | Přepínač |
| TACACS | Terminal Access Controller Access-Control System | Systém řízení přístupu k řadiči terminálového přístupu |
| TCA | Topology Change Acknowledgement | Zpráva oznamující odpověď na zprávu TCN |
| TCN | Topology Change Notification | Zpráva oznamující změnu topologie |
| USB | Universal Serial Bus | Univerzální sériová sběrnice |
| VLAN | Virtual Local Area Network | Virtuální lokální síť |
| VLL | Virtual Leased Line | Propůjčení virtuálních cest |
| VoIP | Voice over IP | Internetová telefonie |
| VPN | Virtual Private Network | Virtuální soukromá síť |
| VRP | Versatile Routing Platform | Operační systém Huawei zařízení |
| VRRP | Virtual Router Redundancy Protocol | Protokol udržující spolehlivost sítě |
| WLAN | Wireless Local Area Network | Bezdrátová komunikace v počítačových sítích |

Obsah

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 1 |
| 2 | Přepínače Huawei..... | 2 |
| 2.1 | Řada S5300..... | 2 |
| 2.2 | Přehled verzí softwarové výbavy | 2 |
| 2.3 | Základní vlastnosti a funkce..... | 2 |
| 2.4 | Podporované služby | 3 |
| 2.5 | Zabezpečení a kvalita služeb | 3 |
| 2.6 | Zprovoznění, správa a údržba..... | 4 |
| 2.7 | Funkce pro IPv6 | 4 |
| 2.8 | Příklady možné aplikace zařízení řady S5300..... | 5 |
| 2.8.1 | Zapojení v rozlehlých podnikových sítích..... | 5 |
| 2.8.2 | Zapojení v datových centrech..... | 6 |
| 2.9 | Pravidla označení výrobků | 6 |
| 2.10 | Představení konkrétních zařízení..... | 8 |
| 2.10.1 | Huawei S5328C-PWR-EI..... | 8 |
| 2.10.2 | Huawei S5328C-HI | 8 |
| 3 | Přepínače Cisco | 9 |
| 3.1 | Řada Cisco Catalyst 3560..... | 9 |
| 3.2 | Přehled verzí softwarové výbavy | 10 |
| 3.3 | Rychlost a bezpečnost | 10 |
| 3.4 | Základní vlastnosti a funkce..... | 10 |
| 3.5 | Vylepšené zabezpečení..... | 11 |
| 3.6 | Správa zařízení | 11 |
| 3.7 | Představení konkrétního zařízení | 12 |
| 3.7.1 | Cisco Catalyst 3560-24TS-S | 12 |
| 3.8 | Srovnání zařízení Cisco a Huawei..... | 12 |
| 4 | Praktické ověření funkcí..... | 14 |
| 4.1 | Funkce VLAN | 14 |
| 4.1.1 | Princip funkce..... | 14 |
| 4.1.2 | Praktické ověření funkčnosti | 14 |
| 4.1.3 | Konfigurace Huawei..... | 16 |
| 4.2 | Funkce STP, MST | 18 |
| 4.2.1 | Princip funkce..... | 18 |

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 4.2.2 | Praktické ověření funkčnosti | 18 |
| 4.2.3 | Konfigurace Huawei..... | 21 |
| 4.3 | Funkce OSPF..... | 23 |
| 4.3.1 | Princip funkce..... | 23 |
| 4.3.2 | Praktické ověření funkčnosti | 23 |
| 4.3.3 | Konfigurace Huawei..... | 26 |
| 4.4 | Funkce RIPng..... | 27 |
| 4.4.1 | Princip funkce..... | 27 |
| 4.4.2 | Praktické ověření funkčnosti | 27 |
| 4.4.3 | Konfigurace Huawei..... | 30 |
| 5 | Závěr..... | 32 |
| | Použitá literatura | 33 |
| | Seznam obrázků | 35 |
| | Seznam příloh..... | 36 |

1 Úvod

Říká se, že věk, který dnes žijeme, se nazývá informační. Informace k nám dnes proudí ze všech stran, dostávají se k nám velice rychle a ve velikém množství, ať už jsme kdekoliv, a to především díky internetu. Za posledních 20 let se internet rozšířil nebývalou rychlostí, dostupný je dnes ve vyspělých zemích světa téměř v každé domácnosti, v každém podniku, ve všech státních institucích.

Pokud si však chceme zavést internet i do svých domovů, do naší firmy nebo jej dokonce chceme poskytovat ostatním, musíme si vybudovat síť. Síť sestává z několika různých zařízení. Kvalita, počet a výkon těchto zařízení se odvíjí dle rozlohy sítě. Součástí sítě jsou antény, vysílače, modemy, servery, přepínače, směrovače, počítače, mobilní zařízení, přenosová média apod. Jedním z těchto zařízení se zabývá právě tato bakalářská práce. Jedná se o přepínače, které jsou schopny pracovat i na třetí vrstvě ISO/OSI modelu. Standardní přepínače totiž operují pouze na druhé vrstvě. Druhá vrstva ISO/OSI modelu pracuje s MAC adresami a neumožňuje využívat tolik funkcí jako vrstva třetí. Třetí vrstva pracuje s IP adresami a operují na ní především směrovače. L3 přepínače, jak se jim taky říká, dokážou uživateli poskytnout jednak funkce běžných přepínačů a zároveň i funkce, které za normálních okolností náleží právě směrovačům, což je například směrování. Možnost pořízení L3 přepínačů je pro mnohé obrovskou výhodou hlavně při pohledu z finanční stránky věci, další výhodou může být zjednodušení infrastruktury sítě, lepší využití prvků apod.

Tato práce se zabývá srovnáním L3 přepínačů dvou různých výrobců – světoznámé americké společnosti Cisco a mladší čínské společnosti Huawei. Najdete zde informace o funkcích a službách, které tato zařízení nabízí, o hardwarových parametrech a samozřejmě i vzájemné srovnání. Druhou částí této práce je ověření kompatibility a schopnosti spolupráce mezi těmito dvěma značkami při vybraných funkcích v reálném zapojení v laboratoři. Součástí práce jsou i podrobné návody na konfiguraci zařízení Huawei. Závěrem pak najdete celkové shrnutí, poznatky a srovnání několika aspektů L3 přepínačů.

2 Přepínače Huawei

Společnost Huawei působí v České Republice už od roku 2005 a zaměstnává zde přes 300 lidí. V naší zemi není příliš známá, ale postupně si dobývá svou pozici na trhu především svými výrobky z oblasti chytrých telefonů a mobilních zařízení.

Založil ji Žen Čeng-fej roku 1988 v Číně. Hlavní oblastí, ve které se tato společnost pohybuje, jsou telekomunikační sítě, a to jejich návrh, výroba a výstavba. Dále se zabývá poskytováním služeb, produktů a řešeními pro podnikové zákazníky. V roce 2003 začalo Huawei společně s firmou 3Com vyrábět IP směrovače a přepínače. Společnost má po celém světě přes 140 tisíc zaměstnanců, téměř 50% z nich pracuje na výzkumu a vývoji. Je jednou z nejrychleji se rozvíjejících společností poskytující telekomunikační služby a síťová řešení ve světě. Rovněž patří mezi prvních pět výrobců chytrých telefonů se systémem Android OS. Po celém světě se již prodalo více než 100 milionů kusů mobilních telefonů. [1][2]

V laboratoři mám k dispozici dvě zařízení z řady S5300. Přehled a popis různých a zajímavých funkcí a parametrů této výrobní řady si můžete přečíst v následujících odstavcích. Dva konkrétní testované modely jsou popsány následně.

2.1 Řada S5300

Řada S5300 je další generací gigabitových přepínačů vyvinutých společností Huawei tak, aby splňovaly požadavky na vysoký datový přenos a konvergenci mnoha služeb Ethernetu, poskytující silné funkce pro své zákazníky. Tato generace využívá vysoce výkonný hardware a vlastní software Versatile Routing Platform (VRP) firmy Huawei, vyznačuje se vysoce výkonnými a spolehlivými gigabitovými porty a poskytuje rychlost odesílání dat až 10Gbit/s. Zařízení této řady mohou být využity například v areálech vysokých škol a v podobně rozlehlých sítích, kde jsou kladeny velké požadavky na rychlost a konvergenci služeb.

Zařízení řady S5300 jsou navrženy ve standardních velikostech pro stojanové rozvaděče. Ve stojanových rozvaděcích zaberou pozici o výšce jedné jednotky (1U).

2.2 Přehled verzí softwarové vybavy

Tato řada se dělí na čtyři základní verze, z nichž každá obsahuje jiné vybavení.

- LI - Limitovaná verze pracuje pouze na 2. vrstvě ISO/OSI modelu a nabízí zde mnoho různých funkcí.
- SI - Standardní verze podporuje funkce 2. vrstvy a rovněž i základní funkce 3. vrstvy.
- EI - Třetí je takzvaná vylepšená verze, která podporuje veškeré směrovací protokoly a funkce.
- HI - Poslední a nejlépe vybavená verze obsahuje všechny funkce verze EI a navíc podporuje pokročilé funkce jako MPLS apod.

[4]

2.3 Základní vlastnosti a funkce

Přepínače této řady podporují tzv. chytré „propojení“ (iStack) a technologii plug-and-play. Tato funkce dovoluje přepínačům vytvořit virtuální přepínač pomocí propojení dvou a více zařízení

speciálním kabelem. Ve srovnání se samostatným zařízením, technologie iStack nabízí spoustu výhod v podobě velké rozšiřitelnosti, spolehlivosti a výkonu. Výkon nebo počet portů není omezen hardwarovou strukturou. Jestliže zákazník potřebuje rozšířit či odstranit vadné zařízení, stačí pouze přidat zařízení nová, bez nutnosti zastavování služeb, které jsou aktuálně v provozu. Množina spojených zařízení pomocí technologie iStack může být logicky považována jako jedno samostatné zařízení, které zjednoduší síťový management a konfiguraci.

Součástí vybavení je podpora duálního napájení pro větší spolehlivost. Tato funkce umožňuje zároveň používat střídavé i stejnosměrné napájení. Uživatel si může vybrat samostatné napájení pouze jedním zdrojem anebo právě duální napájení dvěma zdroji, které může sloužit jako záložní. Přepínače obsahují tři vestavěné ventilátory pro lepší provozní stabilitu a delší výdrž provozu.

Zařízení této řady podporují protokol VRRP, díky kterému je možné udržet stálou komunikaci a spolehlivou a stabilní síť. Mnoho sobě rovných cest může být nakonfigurováno jako redundantní spoje. Pokud aktivní cesta pro přenos dat vypadne, provoz je automaticky přesunut na záložní cestu. Tato funkce funguje jako mnoho-úrovňová záloha pro cesty, které přenášejí data.

2.4 Podporované služby

- Vylepšená služba QinQ pro přidávání tagů vnějších VLAN sítí do paketu.
- Podpora IGMP v1/v2/v3, IGMP snooping, IGMP filtr, IGMP fast leave a IGMP proxy.
- Mnohonásobná-VPN-instance CE (MCE) pro oddělení uživatelů na různých VPN sítích na jednom zařízení, zajišťuje zabezpečení uživatelských dat a snižuje náklady zákazníků.
- Přepínače řady S5300 ve verzi HI jsou úsporné MPLS přepínače. Podporují základní MPLS a VLL funkce a mohou být použity jako vysoce kvalitní přístupová zařízení pro poskytování služeb podnikům. Mohou být využity pro vytvoření MPLS rozhraní.
- Mnoho modelů z řady S5300 podporuje PoE a splňuje podmínky standardů IEEE 802.3af a 802.3at (PoE+). Při použití této funkce mohou zařízení řady S5300 napájet přes Ethernet připojená standardizovaná zařízení, jako jsou IP telefony, přístupové body pro WLAN, přístupové body pro Bluetooth. Každý port může poskytnout výkon až 30 W. Tato skutečnost značně snižuje problémy spojené s vedením napájecích kabelů ke koncovým zařízením do míst, kde není možnost přímého zapojení zařízení do elektrické sítě, a také zmenšuje nároky na správu těchto koncových zařízení. Další výhodou napájení koncových zařízení pomocí Ethernetu je, že si uživatel může nastavit čas, po který bude koncové zařízení napájeno.

[4]

2.5 Zabezpečení a kvalita služeb

S5300 nabízí různá bezpečnostní opatření. Může chránit síť proti DoS útokům, útokům na síť či útokům na uživatele. U uživatele, který je připojen pomocí DHCP, přepínač sleduje a porovnává MAC/IP adresu, platnost adresy, VLAN ID, a číslo portu pro vytvoření a udržování DHCP tabulky vazeb. Díky této metodě mohou být uživatelé vystopováni dle IP adresy a čísla portu. Pakety, které neodpovídají těmto vazbám v tabulce, jsou rovnou zahozeny. Jako například ARP pakety pro sledování a pakety s falešnými IP adresami. Pro získávání adres pomocí ARP zde platí přísná pravidla, aby se zabránilo špehujícím útočníkům vyčerpat veškeré záznamy ARP. Také se kontroluje zdrojová IP adresa, aby se předešlo DoS útokům způsobeným odchytáváním MAC adresy nebo IP adresy.

Zařízení S5300 podporují centralizované ověřování MAC adres a 802.1x ověřování. Patří zde informace o uživateli jako uživatelský účet, IP adresa, MAC adresa, VLAN ID, číslo přístupového portu a označení, zda je u klienta nainstalován antivirový software, které může být vázáno staticky nebo dynamicky a následně uživatelské politiky (VLAN, QoS a ACL) mohou být dodány dynamicky. [4]

Další zajímavou funkcí je možnost omezit počet získaných zdrojových MAC adres z portu, aby se zamezilo útočníkům vyčerpat volné položky pro MAC adresy za pomoci falešných zdrojových MAC adres. Díky tomuto si zařízení mohou MAC adresy ověřených uživatelů předem zapamatovat a nemůže dojít k tzv. zahlcení.

2.6 Zprovoznění, správa a údržba

Řada S5300 podporuje automatickou konfiguraci, plug-and-play, nastavení pomocí USB zařízení anebo vzdálený dávkový upgrade. Nasazení, upgrade a poskytování služeb může být dokončeno až v době, kdy je síť už v provozu, což ulehčuje pozdější správu a údržbu. Proto jsou náklady na údržbu značně sníženy. Zařízení řady S5300 dále umožňují různé způsoby správy a údržby, jako například SNMP v1/v2/v3, příkazová řádka, webové rozhraní, Telnet a HGMP, což dělá tyto zařízení mnohem flexibilnějšími.

Pro snadnější a lepší konfiguraci VLAN je použit registrační protokol GVRP. Tato technologie provádí dynamickou konfiguraci VLAN sítě. V komplikovaném síťovém prostředí tento systém značně usnadňuje konfiguraci VLAN sítě a snižuje chyby v síťové komunikaci způsobené právě špatně nastavenými VLAN. Toto redukuje dobu manuální konfigurace síťových administrátorů a zajišťuje tak správný chod sítě.

S5300 pracuje s technologií MUX VLAN. MUX VLAN je využívána k izolaci přenosu dat na druhé vrstvě mezi porty na VLAN. Všechny podřízené VLAN mohou komunikovat s hlavní VLAN, ale nemohou komunikovat mezi sebou. MUX VLAN se obvykle používá v podnikových vnitřních sítích. Díky této funkci, může port uživatele komunikovat s portem serveru, ale již nemá dovoleno komunikovat s porty ostatních uživatelů. Technologie MUX VLAN rovněž zabraňuje komunikaci mezi síťovými zařízeními, které jsou připojené na nějakých rozhraních nebo ve skupinách rozhraní, ale umožňuje těmto zařízením komunikovat s výchozí bránou. Tato funkce také umožňuje sdílení zdrojů a zároveň zabezpečuje komunikaci uvnitř podniku. [4]

2.7 Funkce pro IPv6

Jelikož se v dnešní době postupně začíná přecházet na IP protokol verze 6 z důvodu nedostatku adres protokolu IP verze 4, i zařízení firmy Huawei již podporují tuto novou verzi. Hardware použitý v řadě S5300 podporuje oba protokoly, proto na těchto zařízeních mohou být v provozu sítě postavené na protokolu IPv4 nebo pouze na IPv6, anebo mohou být složeny a využívat obou protokolů současně. Díky této funkci je síť flexibilní a je rovněž připravena na budoucí přechod z IPv4 na IPv6.

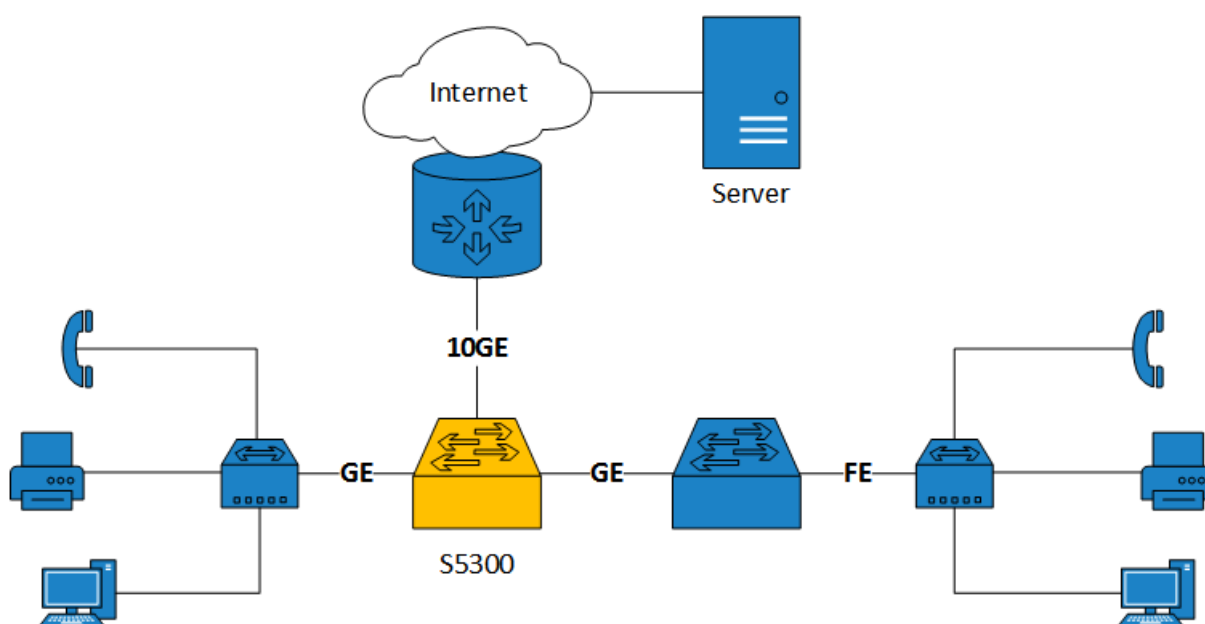
Podporovány jsou také různé IPv6 směrovací protokoly včetně RIPng a OSPFv3. IPv6 protokol je také využíván pro zjišťování sousedních zařízení (NDP) pro správu paketů přenesených mezi sousedními uzly. S5300 podporuje mechanismus, který vyhledává správnou cestu pro MTU (PMTU). To znamená, že na cestě mezi zdrojem a cílem vybere správnou maximální velikost IP datagramu (MTU), kterou je tato cesta schopna přenést. Tím optimalizuje využití sítě a dosahuje tak maximálního přenosového výkonu.

2.8 Příklady možné aplikace zařízení řady S5300

Přepínače, které najdeme v této modelové řadě, mohou být využity mnoha způsoby. Jedná se o přepínače, které se využívají zejména na přístupové vrstvě ve velkých sítích a podnicích. V této kapitole je uvedeno pár příkladů možných zapojení.

2.8.1 Zapojení v rozlehlých podnikových sítích

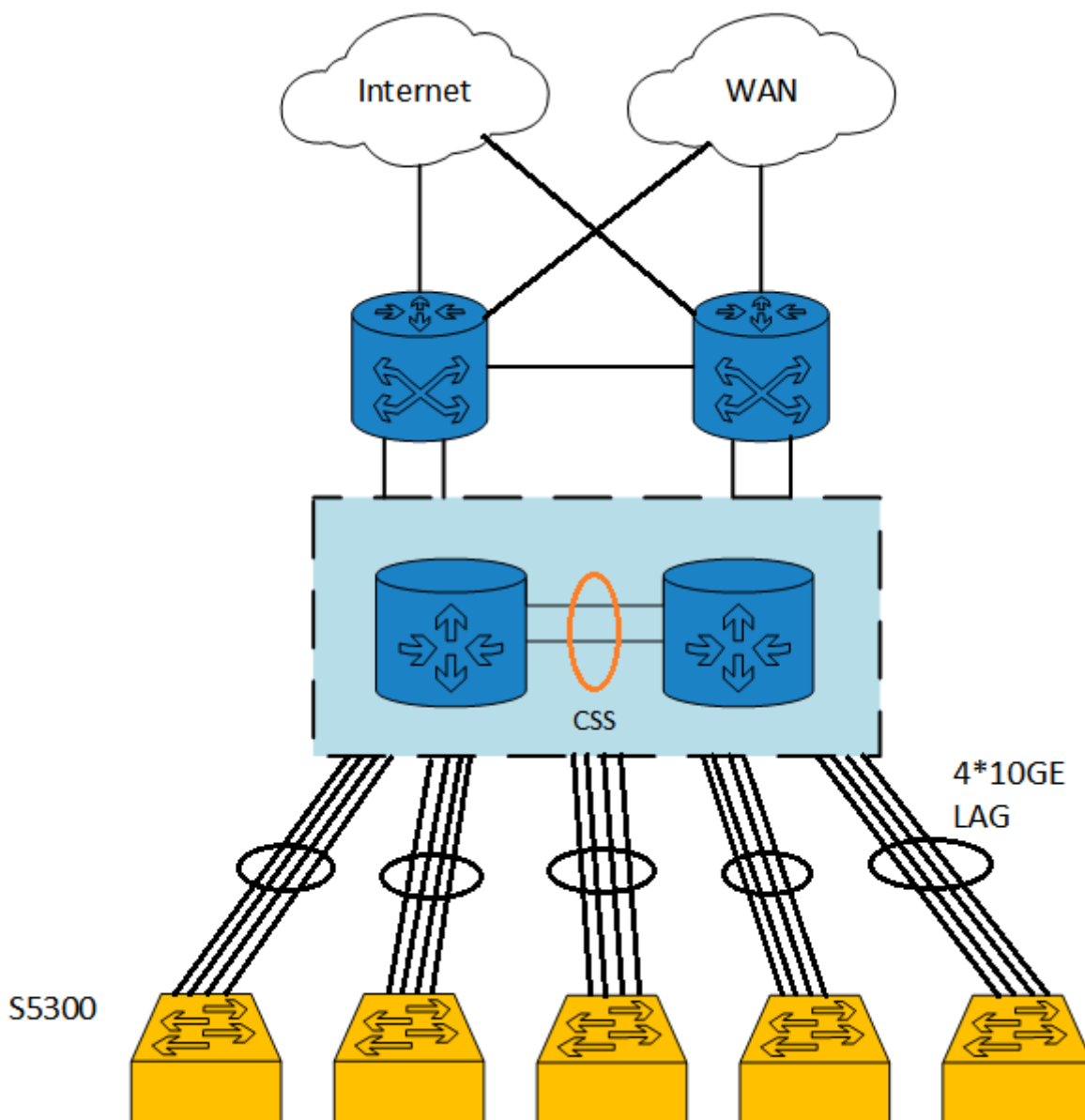
V tomto zapojení mohou být využity funkce některého zařízení ve verzi HI. Přepínač může fungovat jako přístupové a agregační zařízení v obrovských podnikových sítích, kde vylepšuje stabilitu sítě svou rychlostí, funkcemi a zdvojeným připojením do Internetu. Důležité linky jsou označeny písmeny, která určují rychlost na daném spoji.



Obrázek 2.1: Schéma zapojení v podnikových sítích.[4]

2.8.2 Zapojení v datových centrech

Přepínače této řady mohou být využívány také v datových centrech pro přístup ke gigabitovým serverům a připojení k zařízením z vyšší vrstvy agregací spojení. Pokud je k dispozici více serverů, zákazník může využít technologie zásobníku pro zlepšení stability sítě. Zkratka LAG zde označuje skupinu agregovaných linek, mezi které se rozděluje provoz na dané trase. Směrovače spojeny dvěma linkami s technologií CSS se chovají jako jedno virtuální zařízení.



Obrázek 2.2: Schéma zapojení v datových centrech.[4]

2.9 Pravidla označení výrobků

Každé zařízení jakéhokoliv výrobce nese své specifické označení. U firmy Huawei je tomu takto. Na další straně jsou uvedeny příklady označení 4 různých zařízení, respektive s různou výbavou a funkcemi.

Quidway S5348TP-PWR-SI

A B C D E F G

Quidway S5328C-EI-24S

D E G H

Quidway S5328C-HI

D E G

Quidway S5306TP-LI-AC

D E G I

Obrázek 2.3: Příklady prodejního označení zařízení. [3]

Tabulka 2.1: Význam použitých zkratk.[3]

| Identifikátor | Popis |
|---------------|---|
| A | Označení produktu. |
| B | Přepínač. |
| C | Série produktu. „53“ označuje série S5300. |
| D | Maximální počet rozhraní. POZNÁMKA Počet rozhraní může být u série S5300 6, 24, 28, 48, nebo 52 v závislosti na konkrétním modelu. |
| E | Typ uplink rozhraní: <ul style="list-style-type: none"> • C: Zařízení podporující výměnné karty. Může obsahovat 2 nebo 4 uplink rozhraní na podkartě rozhraní. • TP: Zařízení má kombinované rozhraní, které podporuje optický a elektrický přenos. |
| F | Podpora napájení pomocí Ethernetu (PoE). POZNÁMKA Jestliže tento indikátor není v názvu obsažen, PoE není podporováno. |
| G | Verze software: <ul style="list-style-type: none"> • EI: vylepšená verze, podporující vylepšené funkce • SI: standardní verze, podporující základní funkce |

| | |
|----------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • HI: pokročilá verze, podporující vysoce výkonné operace, administraci a údržbu (OAM) a vestavěné hodiny zobrazující reálný čas (RTC) • LI: zjednodušená verze |
| H | <p>Typ downlink rozhraní. Označení 24S znamená, že 24 downlink rozhraní přepínače S5328C-EI-24S je optických.</p> <p>POZNÁMKA</p> <p>Jestliže tento indikátor není v názvu obsažen, všechna downlink zařízení jsou elektrická.</p> |
| I | <p>Napájecí mód:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AC: střídavé proud • DC: stejnosměrný proud |

2.10 Představení konkrétních zařízení

V laboratoři jsem měl k dispozici dvě zařízení od firmy Huawei. Oba tyto přepínače jsou poměrně dobře vybavená zařízení, která najdou využití ve středně velkých až velkých sítích. Jedná se zejména o rozlehlé podnikové sítě a sítě velkých vysokých škol, kde je kladen důraz na rychlost a velký objem přenášených dat.

2.10.1 Huawei S5328C-PWR-EI

Tento přepínač celkem obsahuje 28 rozhraní (portů). 24 portů jsou 10/100/1000BASE-T rozhraní pro Ethernet a zbylé čtyři rozhraní jsou obsaženy na přední subkartě. Ve svém názvu obsahuje označení PWR, což znamená, že na svých portech pro Ethernet poskytuje službu PoE, tedy napájení pomocí Ethernetu. Pomocí této funkce dokáže poskytnout napájecí výkon až 30 W na jednom portu.



Obrázek 2.4: Huawei S5328C-PWR-EI.[4]

Více podrobností o tomto zařízení je možné dohledat v příloze A.

2.10.2 Huawei S5328C-HI

Obsahuje 28 rozhraní (portů). 24 portů jsou 10/100/1000BASE-T rozhraní pro Ethernet a zbylé čtyři rozhraní jsou obsaženy na přední subkartě. Dle označení můžeme určit, že toto zařízení patří mezi ty lépe vybavené, jedná se totiž o verzi HI, tedy zařízení s pokročilou výbavou jak Hardwarem, tak i funkcemi. Na druhou stranu ale u tohoto zařízení chybí podpora funkce PoE.

Více podrobností o tomto zařízení je možné dohledat v příloze B.

3 Přepínače Cisco

Cisco Systems, Inc. je společnost, kterou založila skupina vědců ze Stanford University v roce 1984. V současnosti zaměstnává zhruba 66 639 zaměstnanců a řadí se mezi největší počítačové firmy z celého světa. Je hlavní dominantou v oblasti sítí a síťových prvků, vyrábí síťové prvky, jako jsou přepínače, směrovače, VoIP a IP telefony. [5][6]

Cisco vlastní také svou akademii, neboli spíše učební plán, jehož absolventi pak na základě úspěšných testů získají certifikát. Tento učební plán má několik úrovní a specifikací. Každý student si může vybrat, kterým směrem v sítích se bude ubírat. Za jednotlivé kurzy se platí, obdržené certifikáty jsou celosvětově uznávané a ten nejvyšší vlastní jen pár síťových specialistů na Zemi.

Pro praktické ověřování funkcí byly k dispozici zařízení z řady 3560. Bližší informace o této řadě jsou popsány níže.

3.1 Řada Cisco Catalyst 3560

Řada Cisco Catalyst 3560 je linie pevně nakonfigurovaných přepínačů pro využití v podnikových sítích. Tyto zařízení obsahují normu společnosti Cisco pro schopnost napájení po Ethernetu (PoE) v konfiguracích Fast Ethernetu a Gigabit Ethernetu. Zařízení řady 3560 jsou ideální na úroveň přístupové vrstvy do malých podniků, kde mohou poskytovat přístup k lokálním sítím nebo k různým odvětvovým pracovištím v prostředí firmy. Kombinací kvalitních, rychlých portů a konfigurací funkce PoE poskytují maximální produktivitu, šetří finanční prostředky a ulehčují zavádění nových aplikací jako je IP telefonie, bezdrátový přístup, kamerové systémy, systémy pro řízení budov a vzdálené kiosky.



Obrázek 3.1: Řada Cisco Catalyst 3560.[7]

Zákazníci mohou nasadit v celé síti inteligentní služby, jako pokročilá kvalita služeb (QoS), omezení rychlosti, seznamy pro kontrolu přístupu (ACLs), správa multicastu a vysoce výkonné IP směrování, při zachování jednoduchosti tradičního přepínání lokálních sítí.

3.2 Přehled verzí softwarové výbavy

Řada Cisco Catalyst 3560 má k dispozici dvě verze systému, který může být do těchto zařízení nahrán:

- IP Base (IPB) software obsahuje pokročilou kvalitu služby (QoS), přístupové kontrolní seznamy (ACLs), funkci OSPF pro směrování a funkčnost IPv6.
- IP Services (IPS) software poskytuje širší sadu funkcí na podnikové úrovni, obsahující vylepšené směrování IP Unicast a IP Multicast, rovněž i směrování založené na zvolených politikách (PBR).

[7]

3.3 Rychlost a bezpečnost

Tato řada může přístupovou vrstvu provozovat na rychlostech do 1 Gbit/s pomocí stávající měděné kabeláže kategorie 5 a tím umožnit téměř všem počítačům a notebookům, které se dnes dodávají většinou s gigabitovými síťovými kartami a rychlými sběrnicemi, využít maximální přenosovou rychlost. Kromě toho, že je jejich nasazení velice snadné, gigabitové ethernetové sítě se jednodušeji udržují s novým Cisco nástrojem (TDR), který ověřuje stávající kabeláž, zda je schopna přenášet data potřebnou rychlostí.

O bezpečnost se stará množina funkcí a služeb obsahující například kontrolu síťových přístupů (NAC), ACL listy, dynamický průzkum ARP tabulek, jednoduché VPN směrování/posílání (VRF Lite), zabezpečení portů, síťové služby 802.1x a rozšíření založené na identitě uživatele. NAC pomáhá organizacím omezit škody způsobené různými viry a červy prosazením bezpečnostních zásad na koncových zařízeních.

Zařízení této řady podporují spoustu různých doplňkových schopností, pomocí kterých zajišťují stálou dostupnost sítě všem uživatelům připojených ať už lokálně nebo vzdáleně. Tyto doplňkové funkce nejsou pouze softwarové v duchu chytrých systémů, které vytváří redundantní topologie, automaticky obnovují porty, na kterých nastala chyba apod., nýbrž i fyzické v podobě redundantního napájecího systému, který zařízení chrání proti vnitřním chybám zdroje.

- **Flex Links** – jsou to cesty v síti, jejichž základem jsou dva porty, kde jeden je v roli záložního pro ten druhý. Tato funkce poskytuje alternativu k řešení pomocí Spanning Tree protokolů.

[7]

3.4 Základní vlastnosti a funkce

Série Cisco catalyst 3560 je vybavena obrovskou sadou funkcí, které umožňují rozšiřování sítě a vyšší dostupnost prostřednictvím IP směrování stejně tak dobře, jako řada vylepšení Spanning Tree Protokolu, jejichž cílem je maximalizovat dostupnost na druhé vrstvě. Vylepšení standardního STP, jako jsou Per-VLAN Spanning Tree Protocol Plus (PVST+), Uplink Fast a Port Fast, stejně jako inovace Flex Links, maximalizují provozuschopnost sítě. PVST+ umožňuje druhé vrstvě sdílet zátěž na redundantní cesty pro efektivní využití extra kapacity, která je pro redundantní síť typická. Uplink Fast, Port Fast a Backbone Fast – všechny tyto funkce výrazně snižují standardní dobu nutnou pro konvergenci u STP, která činí 30 – 60 sekund.

Tato řada také poskytuje vysoce výkonné IP směrování. Cisco Express Forwarding je směrovací architektura, která umožňuje vysokorychlostní vyhledávání, zatímco přináší stabilitu, výkonnost, a rozšiřitelnost potřebnou k uspokojení potřeb budoucích požadavků.

Některá zařízení jsou vybavena funkcí PoE na svých portech. Zařízení obsahující 24 portů s konfigurací PoE může poskytnout souběžně plně napájené porty o výkonu 15,4 W. Pomocí softwaru IOS od firmy Cisco lze na těchto zařízeních nastavit spoustu funkcí včetně napájení přes Ethernet na portech daného přepínače. Přepínače v konfiguraci se 48 porty mohou poskytnout výkon až 7,7 W na každý port.

3.5 Vylepšené zabezpečení

Cisco používá následující možnosti pro ochranu citlivých dat a síťových prostředků před interními a externími hrozbami:

- Network Admission Control (NAC), průmyslová iniciativa sponzorovaná společností Cisco Systems, která využívá síťové infrastruktury k prosazení bezpečnostních zásad na všech zařízeních, která se snaží získat přístup k výpočetním prostředkům sítě, čímž se omezuje poškození od virů nebo červů. Díky NAC mohou organizace poskytovat přístup k síti koncovým zařízením, jako jsou osobní počítače, chytré telefony a servery, které jsou ověřené a plně souhlasí se zavedenou bezpečnostní politikou. NAC může také identifikovat nevyhovující zařízení, zakázat jim přístup a umístit je do oblasti karantény, nebo jim omezit přístup k výpočetním prostředkům sítě.
- Dynamické procházení ARP tabulky a služba IP Source Guard jsou bezpečnostní funkce série 3560, které chrání síť před útoky typu man-in-the-middle. Dynamické prohledávání ARP tabulky kontroluje ARP pakety v síti a zajišťuje, že jsou přenášeny pouze pravé ARP požadavky a odpovědi. IP Source Guard zase zajišťuje, že se do sítě nedostanou pakety z neznámých či neověřených zdrojů. Těmto zdrojům jednoduše zakáže přístup do sítě.
- IEEE 802.1x standard brání neautorizovaným klientům v připojení k síti LAN prostřednictvím veřejně dostupných portů dokud nejsou řádně ověřeny.
- SSHv2 a SNMPv3 poskytují zabezpečení sítě pomocí šifrováním provozu, čímž brání neoprávněným uživatelům v přístupu k heslům nebo konfiguračním informacím.
- Privátní VLAN rozhraní poskytuje zabezpečení a izolaci mezi jednotlivými porty přepínače, což zajišťuje, že přenos hlasu putuje přímo ze vstupního bodu na agregační zařízení skrz virtuální cestu a nemůže být nasměrován na jiný port.
- TACACS+ nebo RADIUS autentizace nabízí centralizovanou kontrolu nad přístupem k přepínačům a zamezuje neoprávněným uživatelům měnit konfigurace. Případně může být lokální databáze uživatelských jmen a hesel nakonfigurována na přepínači samotném. Patnáct úrovní autorizace je přímo v konzoli přepínače a dvě úrovně zabezpečení jsou využívány na webových rozhraních pro správu, což poskytuje možnost dát různé úrovně přístupu různým správcům.

[7]

3.6 Správa zařízení

Uživatelsky vstřícná správa a management zařízení je důležitá vlastnost. Cisco nabízí u této řady následující funkce:

- IEEE 802.3af a předběžná norma od Cisca pro PoE podporuje automatickou detekci připojeného koncového zařízení pracujícího na stejné normě. Tato funkce zjistí potřebný

výkon pro napájení tohoto koncového zařízení a automaticky mu jej poskytne, bez nutnosti konfigurace uživatelem.

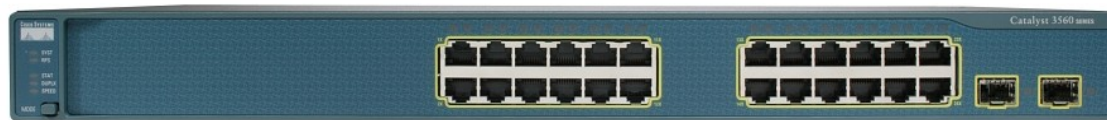
- Makra Cisco Smartport, neboli makra chytrých portů na zařízeních Cisco. Tato funkce nabízí přednastavené a ověřené šablony pro různý typ připojení. S těmito šablonami může uživatel důsledně a spolehlivě nastavit základní bezpečnost, IP telefonii, dostupnost v síti apod. s minimálním úsilím či odborností.
- Cisco LAN Solution Manager (LMS), jedná se o soubor užitečných nástrojů, díky kterým je konfigurace, správa, monitorování a řešení problémů ve velkých sítích mnohem jednodušším.
- Funkce Cisco Express Setup zjednodušuje počáteční konfiguraci, eliminuje potřebu komplexních programů emulujících terminály a také nutné znalosti pro práci s příkazovou řádkou.

3.7 Představení konkrétního zařízení

Pro praktické ověřování funkcí jsem měl k dispozici dva přepínače Cisco C3560-24TS-S. Toto zařízení se rovněž využívají ve větších sítích, kde najdou své uplatnění.

3.7.1 Cisco Catalyst 3560-24TS-S

Toto zařízení je vybaveno 24 porty, které dokážou pracovat na rychlosti 10/100 Mbit/s a 2 SFP porty, pomocí kterých se může zařízení připojit do optické sítě. Ve stojanovém rozvaděči standardní velikosti zabere místo 1 jednotky. Co se týče softwarového vybavení, tak tento přepínač obsahuje sadu IPB, tedy sadu základních funkcí.



Obrázek 3.2: Přepínač Cisco Catalyst 3560-24TS-S.[8]

3.8 Srovnání zařízení Cisco a Huawei

Zařízení obou těchto značek si jsou poměrně dost podobná – jedná se o stejnou kategorii, a to o L3 přepínače, které pracují na přístupové vrstvě. V této kategorii jsou kladeny vysoké nároky jednak na fyzické vybavení těchto zařízení, ale i na programovou stránku.

Co se týče systémů, které jsou vlastně mozkem těchto přepínačů, tak i zde můžeme najít velice mnoho podobných prvků, ať už je to samotná filozofie, struktura anebo konkrétní příkazy, pomocí kterých se zařízení konfiguruje. Základní struktura obou systémů je téměř stejná. Cisco má o jednu úroveň zadávání příkazů navíc. Huawei má pouze 2, což se mi jevilo jako praktičtější a rychlejší při pohybování se mezi jednotlivými úrovněmi. U zařízení Cisco mi ale přesto přišlo ovládání lehce jednodušší než u Huawei, kde při nastavování některých funkcí bylo potřeba provést více příkazů, než tomu bylo u Cisca. Ovšem toto nemusí platit ve všech případech konfigurovaných funkcí.

Po stránce vybavy jsou na tom lépe zařízení Huawei, jelikož obsahují gigabitové porty, Cisco nikoliv. To ale pouze záleží na konkrétním modelu. Cisco v řadě 3560 nabízí hned 4 modely, které jsou vybaveny právě gigabitovými porty. K dispozici jsem měl model, který je vybaven porty

s rychlostí pouze 100 Mbit/s. Několik zajímavých parametrů jsem pro lepší přehlednost shrnul do následující tabulky.

Tabulka 3.1: Srovnání parametrů jednotlivých zařízení.[3][4][7]

| Vlastnost | Huawei S5328C-PWR-EI | Huawei S5328C-HI | Cisco Catalyst 3560-24TS-S |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Počet Ethernet portů | 24 | 24 | 24 |
| Rychlost Ethernet portů | až 1 Gbit/s | až 1 Gbit/s | až 100 Mbit/s |
| Počet napájecích zdrojů | 2 | 2 | 1 |
| Počet USB portů | 0 | 1 | 0 |
| Počet SFP portů | 0 | 2 | 2 |
| PoE | Ano | Ne | Ano |
| Výkon PoE na port | 30 W | - | 15,4 W |
| DDR paměť | 256 MB | 512 MB | 128 MB (DRAM) |
| Flash paměť | 32 MB | 64 MB | 32 MB |
| Přenosová kapacita | 88 Gbit/s | 128 Gbit/s | 32 Gbit/s |

Další poznatky, ke kterým jsem došel během řešení reálných zapojení v laboratoři, jsou popsány v následující kapitole. Také jsou v ní popsány podrobné informace ke konfiguraci zařízení Huawei a veškeré problémy či vzniklé situace, které jsem musel řešit.

4 Praktické ověření funkcí

Cílem této práce bylo ověřit a vyzkoušet několik funkcí na obou zařízeních. Testované funkce byly vybrány dle hojnosti použití v praxi. Ověřování probíhalo ve školní laboratoři, kde bylo k dispozici spolu s testovanými zařízeními také několik počítačů s operačním systémem Linux, rozbočovače, směrovače a kabeláž potřebnou pro tvorbu sítí.

Počítače byly využívány zejména pro konfiguraci zařízení pomocí programu Minicom. Tento program komunikuje se zařízením přes sériovou linku připojenou do konzolového portu na zařízení. Jakmile dojde k připojení, na obrazovce počítače se zobrazí rozhraní příkazové řádky připojeného prvku. Zde se již zadávají pouze příkazy, které jsou implementovány v zařízení. Což se odvíjí od výrobce a verze samotného firmware. Dalším důležitým využitím počítačů bylo odchyťování komunikace na síti pomocí programu Wireshark. Tento program dovoluje svému uživateli nahlédnout do komunikace na síti. Díky tomu bylo možné sledovat vyměňování informací mezi jednotlivými přepínači, či počítači a tím pádem ověřit funkčnost zapojení.

4.1 Funkce VLAN

Virtuální lokální síť, dále už jen VLAN síť jsou jednou ze základních a velice užitečných funkcí, které přepínač obsahuje. Dovolují rozdělit fyzickou síť na několik dalších logických sítí bez nutnosti koupě nových zařízení, což je jedna z hlavních výhod – šetření financí. Dalším důležitým faktorem je oddělení provozu v jedné fyzické síti neboli rozdělení např. firemní síť pro jednotlivé pracovní skupiny – zajištění bezpečnosti. Jako třetí hlavní výhodu je dobré zmínit možnost rozdělení provozu v síti pomocí trunk linek tak, aby některé linky nebyly přetížené, či naopak nevyužívané – zvýšení spolehlivosti.

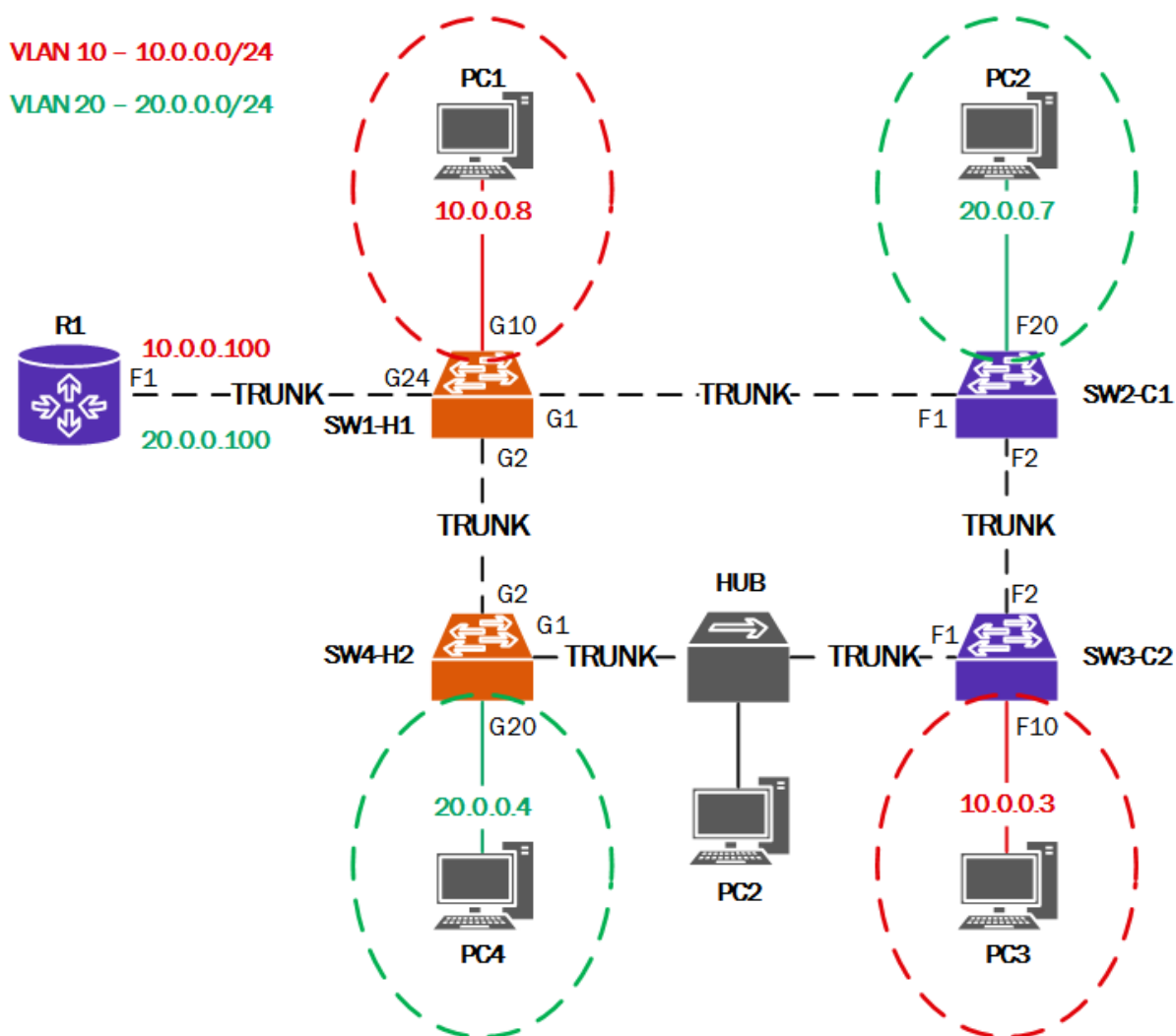
4.1.1 Princip funkce

Virtuální síť se přidělují na jednotlivé porty přepínače. Můžeme tedy nastavit na každém portu jinou virtuální síť anebo přiřadit všechny porty do jedné. Tyto porty, které jsou přiřazeny do určitých VLAN se nazývají **přístupové**. Každá VLAN síť má svou IP adresu, tzn., že počítače ve VLAN 10 jsou logicky v jiné síti než počítače ve VLAN 20, fyzicky se ale pořád jedná o jednu a tutéž síť. Na přístupových portech je provoz neznačkován. Problém však nastane, pokud je potřeba propojit dva různé přepínače, kde každý z nich obsahuje určité VLAN síť. Takováto linka včetně portu na každé straně se nazývá **trunk**. Na této trase, spojující dva přepínače musí být provoz značkován z toho důvodu, že přes tuto linku procházejí pakety z různých VLAN, tudíž je velice důležité, aby pakety z různých VLAN sítí zůstaly stále od sebe logicky odděleny.

4.1.2 Praktické ověření funkčnosti

V laboratoři byly k dispozici dva přepínače Huawei a dva Cisco. Proto byla zapojena taková síť, ve které budou využity všechny čtyři prvky, čímž se zaručilo ověření kompatibility a také jednoduché porovnání konfigurací. Síť tedy v konečné fázi obsahovala mimo čtyři přepínače ještě čtyři počítače, směrovač Cisco a pro odchyťování komunikace rozbočovač s počítačem. Směrovač byl v této síti použit z důvodu ověření doplňkové funkce, která se nazývá Router-on-a-Stick, neboli směrování mezi VLAN sítěmi. Ve výsledném zapojení včetně směrovače byla síť plně funkční, tedy počítače patřící do jedné VLAN sítě se mohly dostat díky směrovači k počítačům do druhé VLAN sítě. Schéma zapojené sítě v laboratoři můžete shlédnout na následujícím obrázku.

Jak je možno vidět na schématu zapojení, na každý přepínač byl připojen jeden počítač s IP adresou patřící do určité virtuální sítě. Celkem tato síť obsahuje dvě VLAN sítě. VLAN 10 má IP adresu sítě 10.0.0.0 s maskou 255.255.255.0, což znamená, že tato síť může poskytnout adresu pro až 254 zařízení. VLAN 20 využívá síť s IP adresou 20.0.0.0 se stejnou maskou. V zapojení bez směrovače je funkce sítě taková, že počítače patřící do stejné VLAN sítě mohou mezi sebou komunikovat, počítače z různých VLAN nikoliv. Aby komunikace probíhala i mezi dvěma různými VLAN sítěmi, bylo zapotřebí připojit směrovač přes trunk linku. Na směrovači je pak nutné nastavit takzvané „podrozhraní“, kde každé má svou IP adresu podle virtuální sítě do které patří. Tyto IP adresy jsou zároveň i výchozími branami pro připojené zařízení.



Obrázek 4.1: Schéma zapojení v laboratoři – VLAN.

Popisky jednotlivých linek u každého přepínače označují rychlost a číslo portu. Takže například u přepínače SW1-H1 popisek G2 označuje následující: G = GigabitEthernet; 2 = 0/0/2, tzn., že port č. 2 pracuje s rychlostí až 1 Gbit/s. Naopak písmeno F označuje FastEthernet, kde je maximální teoretická rychlost pouze 100 Mbit/s. Zkratky jsou použity z důvodu přehlednosti schématu.

Jako příklad funkčnosti tohoto zapojení je možné uvést cestu, po které se posílají pakety z počítače PC3-VLAN 10 na počítač PC2-VLAN 20. Na PC3 je potřeba, jak bylo uvedeno dříve,

nastavit výchozí bránu. Tento počítač náleží VLAN 10, jeho brána je tedy 10.0.0.100. Jakmile vyšle požadavek spojit se s jinou sítí, pakety jdou automaticky na jeho výchozí bránu. Zde je směrovač R1 přesměruje do sítě 20.0.0.0/24 a nyní už paket může dorazit do svého cíle na adresu 20.0.0.7. Stopování paketu bylo prováděno pomocí linuxového programu Traceroute, jeho výstup můžete shlédnout níže.

```
root@student-n312:/home/student# traceroute 20.0.0.7

traceroute to 20.0.0.7 (20.0.0.7), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.0.0.100 (10.0.0.100)    1.156 ms 1.345 ms 1.537 ms
 2  20.0.0.7 (20.0.0.7)       0.600 ms 0.605 ms 0.602 ms
```

Dalším podkladem pro ověření funkčnosti může sloužit obrázek z programu Wireshark, na kterém jsou zachyceny pakety, které vygeneroval příkaz:

```
root@student-n312:/home/student# ping 20.0.0.7
```

Tento příkaz testuje dostupnost cíle vyslanými pakety s parametrem REQUEST. Pokud cíl tento paket dostane, odpoví tazateli pakem s parametrem REPLY a přiloženým časem, jak dlouho trval přenos paketu od zdroje k cíli.

| Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|----------|-------------|----------|--------|---------------------|
| 10.0.0.3 | 20.0.0.7 | ICMP | 102 | Echo (ping) request |
| 20.0.0.7 | 10.0.0.3 | ICMP | 102 | Echo (ping) reply |

Obrázek 4.2: Odchycené pakety v programu Wireshark.

4.1.3 Konfigurace Huawei

V této podkapitole naleznete podrobný návod na konfiguraci VLAN sítí na zařízeních Huawei. Před samotnou konfigurací byl firmware v zařízeních Huawei aktualizován na nejnovější verzi. Ukázka konfigurace se týká přepínače **SW1-H1** ze schématu (viz. Obrázek 4.1). Veškerá čísla a značení portů, přepínačů, směrovačů, atd. najdete právě v tomto obrázku.

Po načtení systému z paměti musíme nejprve zadat přepínači jméno. Jméno se přepínačům zadává z důvodu přehlednosti v síti.

```
<Quidway> system-view
[Quidway] sysname SW1-H1
```

Nejprve je potřeba vytvořit VLAN 10. Analogicky lze vytvořit i několik stovek dalších VLAN. V základní konfiguraci je vždy použita VLAN 1, do které jsou zařazeny všechny porty přepínače.

```
<SW1-H1> system-view
[SW1-H1] vlan 10
[SW1-H1-vlan10] quit
```

Jestliže chceme vytvořit více VLAN sítí najednou, použijeme příkaz:

```
[SW1-H1] vlan batch 10 20
```

Nyní máme vytvořeny VLAN sítě. Následujícím krokem je nastavení používaných portů. Konkrétně musíme nastavit, který port bude přístupový a do jaké VLAN sítě patří. Provoz na přístupovém portu je neznačkováný, naopak trunk port značkování paketů nutně potřebuje, aby se provoz nezamíchal.

Nastavení portu G10 do přístupového módu a přiřazení VLAN 10:

```
[SW1-H1] interface gigabitethernet 0/0/10
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/10] port link-type access
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/10] port default vlan 10
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/10] quit
```

Nastavení portu G1 do trunk módu:

```
[SW1-H1] interface gigabitethernet 0/0/1
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/1] port link-type trunk
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/1] port trunk allow-pass vlan 10 20
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/1] quit
```

Na trunk portech určíme, které VLAN sítě mohou přes daný port procházet. Toho lze využít pro rozmístění zátěže na jednotlivé cesty v síti. Pakety, které prochází přes takovýto port jsou označovány značkami podle toho, do které VLAN sítě patří.

Přepínač SW1-H1 obsahuje ještě další dva trunk porty – G2 a G24. Tyto nastavíme stejně dle příkladu nastavení portu G1.

V předchozím textu jsem zmínil, že VLAN sítě lze využít rovněž i pro bezpečnost sítě. Jedním hojně používaným způsobem je přiřazení nepoužívaných portů do nějaké VLAN sítě, která se rovněž nepoužívá.

```
<SW1-H1> system-view
[SW1-H1] vlan 30
[SW1-H1-vlan30] port gigabitethernet 0/0/5 0/0/6 0/0/7
[SW1-H1-vlan30] quit
```

Touto akcí zamezíme případnému útočníkovi, aby se připojil pomocí kabelu přes přepínač do sítě. Pro ještě větší zabezpečení je vhodné nepoužívané porty vypnout příkazem shutdown.

Kompletní informace, jako je konfigurační soubor přepínače SW1-H1, či jeho výpisy je možno shlédnout v příloze D. Dále pak je v této příloze rovněž obsažen i konfigurační soubor přepínače Cisco SW2-C1 a jeho výpisy.

[9]

4.2 Funkce STP, MST

Multiple Spanning Tree je vylepšená verze základního Spanning Tree Protocolu (STP). Základní funkcí STP je zamezení smyček v lokální síti. To znamená, že STP v lokální síti určí jeden přepínač jako kořenový neboli „ROOT“, a ostatní pouze naslouchají. Dle určitých kritérií a propočtu se určitý port v síti přepne do stavu „blokován“, a tudíž přes něj už neprochází žádný provoz. Tím se přeruší smyčka v síti. Těchto blokováných portů může být v síti více, záleží na dané topologii sítě. Samotných verzí STP je mnoho. Například vlastní protokol od Cisco, který má zkratku PVST+, což znamená, že je možno spouštět jej pro jednotlivé VLAN sítě zvlášť. Takže v každé VLAN síti je jiný přepínač ROOT a také je jiný port blokováný. Při vhodném nastavení můžeme značně pomoci síti rovnoměrným rozmístěním provozu na jednotlivých linkách. [11]

MST je trochu složitější než obyčejný STP. Liší se v tom, že navíc využívá ještě oblasti - regiony, ve kterých pracuje s instancemi. Instance jsou jakési skupiny VLAN. Jedna instance může obsahovat 1 anebo více VLAN sítí, stejně jako jedna oblast může obsahovat jednu či více instancí. Počet kolik instancí a oblastí může v jedné logické síti být, záleží na typu, verzi protokolu a na výrobci. Díky tomu, že přepínače pracují s instancemi, se ušetří nároky kladené na procesory. [12]

4.2.1 Princip funkce

Základní princip většiny Spanning Tree protokolů je stejný. Přepínače se zapnutým STP si vyměňují s ostatními informace pomocí BPDU rámců. Tyto rámce obsahují informace, jako jsou bridge IDs neboli identifikační čísla jednotlivých přepínačů, ceny cest ke kořenovému přepínači. Samozřejmě BPDU rámce od všech různých STP nejsou vzájemně kompatibilní, pouze některé mohou spolu komunikovat. Z čehož vyplývá, že se přepínače v síti nemusí spolu domluvit a může se stát, že síť bude nefunkční. K určení ROOT přepínače slouží číslo BRIDGE PRIORITY a MAC adresa přepínače. Bridge priority je v základním nastavení vždy rovno číslu 32768. Dalším kritériem je právě MAC adresa. Přepínač, jehož MAC adresa má nejmenší hodnotu bude ROOT. Pokud chceme, aby byl ROOT konkrétní přepínač, stačí nastavit menší číslo Bridge priority než 32768.

BPDU rámce používají jako zdrojovou adresu MAC adresu portu, ze kterého jsou odesílány. Jako cíl pak využívají multicast adresu. Pro klasický STP je tato adresa 01:80:C2:00:00:00. Vysílány jsou poměrně často. Jejich interval je v základním nastavení každé 2 sekundy.

BPDU rámce se dělí na tři základní typy.

- CBPDU – konfigurační rámec, který obsahuje informace pro výpočet Spanning Tree
- TCN – tento rámec oznamuje změny v topologii
- TCA – rámec, kterým přepínače odpovídají na změnu v topologii

[13]

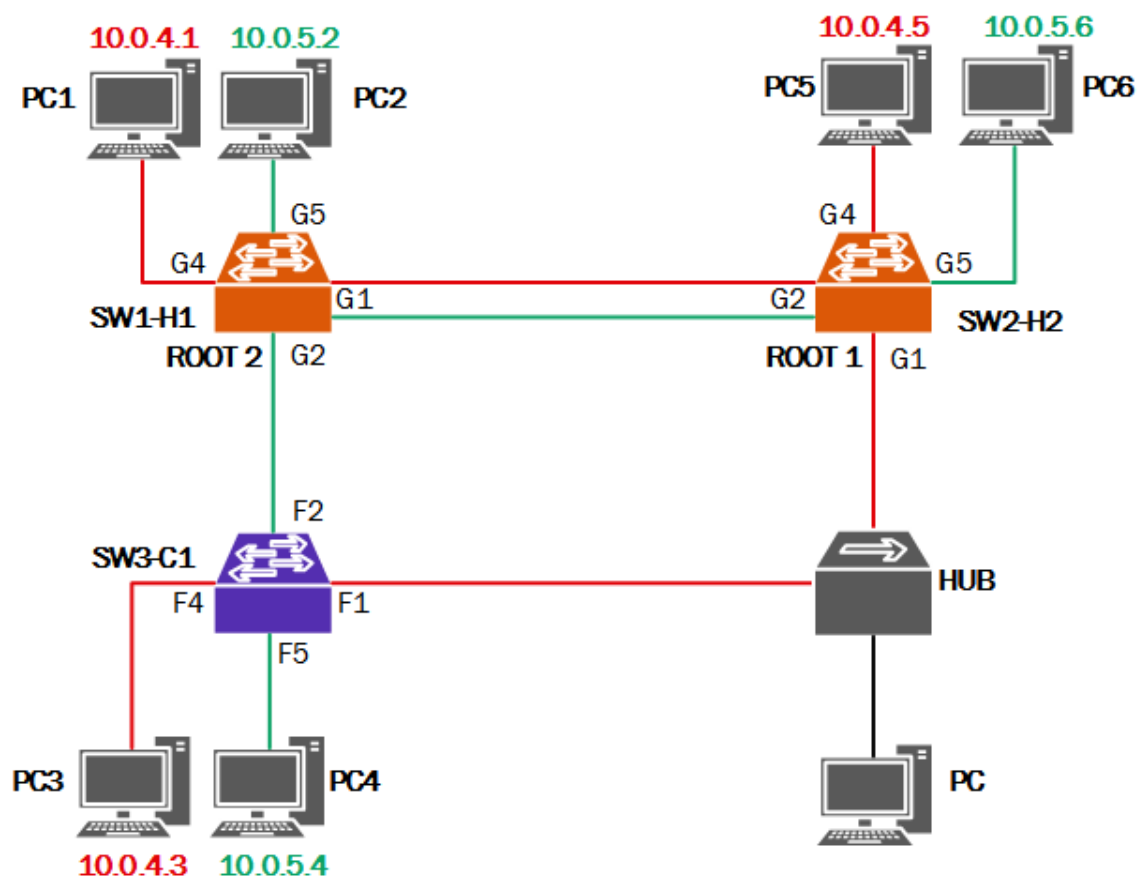
4.2.2 Praktické ověření funkčnosti

Já jsem vybral MST protokol, který je doporučovanou volbou v zapojení přepínačů Huawei s přepínači Cisco. PVST+ od Cisco a klasický STP od Huawei si totiž mezi sebou nerozumí. Pokud jsou spolu propojeny pomocí přístupových portů, tak je komunikace bez problémů. Pokud jsou ale propojeny přes trunk porty, dokážou spolu komunikovat pouze ve VLAN 1. V ostatních virtuálních sítích zařízení vybaveno STP nedokáže rozpoznat rámce od PVST+. Po praktickém ověření, že STP a PVST+ je v běžném zapojení opravdu nefunkční, jsem se rozhodl ověřit právě MST protokol, který by měl fungovat bez problémů u obou výrobců.

Topologie pro ověření této funkce sestávala ze dvou přepínačů Huawei a jednoho přepínače Cisco. Oblast byla použita pouze jedna, protože na tak malou síť by nemělo smysl využívat oblastí více. Oblast v MST protokolu by se dala přirovnat k autonomním systémům BGP protokolu. Dále byly vytvořeny dvě instance, kde každá z nich obsahovala pouze jednu VLAN síť. Tato topologie, kterou můžete vidět níže, se díky instancím rozdělila na dvě logické sítě. Mezi jednotlivými přepínači se opět využívá trunk linek. Na těchto linkách, neboli spíše portech se nastavuje, která instance přes dané porty může projít. Tímto fyzickou síť můžeme rozdělit na několik logických celků a tím pádem i rozdělit provoz na síti, což lze ukázat právě na otestované topologii. Cesty mezi přepínačem Cisco a přepínači Huawei dovolují přenášet pouze pakety pro jednu instanci, tzn. na každé lince je povolena pouze jedna instance. Oproti tomu, linka mezi přepínači Huawei, která dokáže pracovat rychlostí až 1Gbit/s, může přenášet pakety obou instancí.

INSTANCE 1: VLAN 4 – 10.0.4.0/24

INSTANCE 2: VLAN 5 – 10.0.5.0/24



Obrázek 4.3: Schéma zapojení v laboratoři – MST.

Na lince z přepínače SW3-C1 do přepínače SW2-H2, což je linka sloužící instanci 1 byl připojen HUB a do něj počítač s Wiresharkem pro sledování provozu. Pro ověření funkčnosti byl na počítači PC1 spuštěn příkaz PING na adresu 10.0.4.3, která náleží PC3. Oba tyto počítače patří do VLAN 4, která je namapovaná na instanci 1. Proto veškerý provoz procházel právě přes tuto sledovanou linku. V případě že došlo k rozpojení této linky, vysílané pakety byly bez odezvy.

```
[SW1-H1]display stp brief
```

| MSTID | Port | Role | STP State | Protection |
|-------|----------------------|------|------------|------------|
| 0 | CigabitEthernet0/0/1 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 0 | GigabitEthernet0/0/2 | ROOT | FORWARDING | NONE |
| 0 | GigabitEthernet0/0/4 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 0 | GigabitEthernet0/0/5 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 1 | GigabitEthernet0/0/1 | ROOT | FORWARDING | NONE |
| 1 | GigabitEthernet0/0/4 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 2 | GigabitEthernet0/0/1 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 2 | GigabitEthernet0/0/2 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 2 | GigabitEthernet0/0/5 | DESI | FORWARDING | NONE |

O pár řádků výše můžete vidět výpis přehledu STP protokolu na přepínači SW1. V této tabulce najdeme vlastně jakýsi přehled používaných portů a jejich role, stav, či v jaké instanci pracují. První sloupec MSTID značí identifikační číslo MST instance. V tomto výpisu najdeme i instanci s identifikačním číslem 0. Instance 0 je obsažena v základním nastavení a je vždy přítomna. Pokud ale není používána, tak ji můžeme v této tabulce zcela ignorovat. Další sloupec označuje číslo portu. Sloupeček „Role“ uvádí v jaké roli je daný port. Tyto role jsou následující:

- **Designated** – znamená, že je daný port aktivní a naslouchá.
- **Root** – označuje, že cesta přes tento port vede ke kořenovému přepínači. ROOT se nemusí nacházet hned na druhém konci, na této cestě může být ještě několik dalších přepínačů, které jsou pouze v roli „bridge“ mostů.
- **Alternate** – role portu, která označuje alternativní cestu k ROOT přepínači.

Čtvrtým sloupcem je STP State, který označuje aktuální stav portu, ve kterém se daný port nachází. Tyto stavy jsou následující:

- **Learning** – port v tomto stavu naslouchá a čeká na konfigurační BPDU rámec, zatím nevysílá.
- **Forwarding** – tento stav označuje, že je port plně funkční a přeposílá data, která přes něj prochází.
- **Discarding** – v tomto stavu se port většinou nachází, když nastane nějaká změna v topologii, například když se změní ROOT, či v síti nějaký prvek zhavaruje a znova spouští MST protokol. V tomto stavu rovněž neposílá žádná uživatelská data.

Na následující stránce se nachází obrázek, na kterém je zachycena STP zpráva od přepínače SW1-H1. Jsou zde zobrazeny různé informace, které obsahují komunikační zprávy Spanning Tree protokolu. Tento obrázek pochází z programu Wireshark a je částečně zkrácen, kompletní výpis můžete shlédnout v příloze E.

Z obrázku můžeme vyčíst, že se jedná o verzi MST (Multiple Spanning Tree). Typ BPDU zpráv je RST/MST, rovněž je zde zobrazena BPDU zpráva, přenášející informace o portu, změně topologie apod. Další důležitou informací je doplněk MST Extension, který podává informace o názvu regionu, revizní číslo a v neposlední řadě informace o obou instancích. Na řádku, který začíná

písmeny MSTID 1, což označuje právě instanci 1, se dočteme, že ROOT přepínač pro tuto instanci má MAC adresu 78:1d:ba:a6:b8:18 a prioritu 4096.

```

▼ Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
  Protocol Version Identifier: Multiple Spanning Tree (3)
  BPDU Type: Rapid/Multiple Spanning Tree (0x02)
  ▼ BPDU flags: 0x3c (Forwarding, Learning, Port Role: Designated)
    0... .... = Topology Change Acknowledgment: No
    .0... .... = Agreement: No
    ..1. .... = Forwarding: Yes
    ...1 .... = Learning: Yes
    .... 11.. = Port Role: Designated (3)
    .... ..0. = Proposal: No
    .... ...0 = Topology Change: No
  ▶ Root Identifier: 32768 / 0 / 00:25:46:52:40:80
    Root Path Cost: 0
  ▶ Bridge Identifier: 32768 / 0 / 00:25:46:52:40:80
▼ MST Extension
  MST Config ID format selector: 0
  MST Config name: mynet1
  MST Config revision: 1
  MST Config digest: 09629d0d71c669e32b583daaadce872b
  CIST Internal Root Path Cost: 199999
  ▶ CIST Bridge Identifier: 32768 / 0 / 54:89:98:73:e7:60
    CIST Remaining hops: 19
  ▶ MSTID 1, Regional Root Identifier 4096 / 78:1d:ba:a6:b8:18
  ▶ MSTID 2, Regional Root Identifier 4096 / 54:89:98:73:e7:60

```

Obrázek 4.4: Zachycená komunikace Spanning Tree protokolu v programu Wireshark.

4.2.3 Konfigurace Huawei

V této podkapitole naleznete podrobný návod na konfiguraci MST protokolu na zařízeních Huawei. Před samotnou konfigurací byl firmware v zařízeních Huawei aktualizován na nejnovější verzi. Ukázka konfigurace se týká přepínače **SW1-H1** ze schématu (viz. Obrázek 4.3). Veškerá čísla a značení portů, přepínačů, směrovačů, atd. najdete právě v tomto obrázku.

Jak nastavit jméno přepínače je možné dohledat v kapitole 4.1.3. Dalším bodem v konfiguraci, hned po nastavení jména přepínače je vytvoření potřebných VLAN sítí. V této topologii bylo využito pouze dvou, a to VLAN 4 a VLAN 5. Vytvoříme je následovně:

```
[SW1-H1] vlan batch 4 5
```

Nyní je zapotřebí nastavit příslušné porty. Nejprve nakonfigurujeme porty, na kterých jsou připojené jednotlivé VLAN sítě. Pro VLAN 4 na portu G4 vypadá konfigurace následovně:

```
[SW1-H1] interface gigabitethernet 0/0/4
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] port hybrid pvid vlan 4
```

Tímto příkazem byla přiřazena síť VLAN 4 na port G4. Následující příkaz zaručí, že provoz na tomto portu nebude pro VLAN 4 značkový.

```
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] port hybrid untagged vlan 4
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] quit
```

Port je ve stavu hybrid, což znamená, že dokáže pracovat jako přístupový anebo jako trunk port. V podstatě je toto nastavení alternativa k přístupovému portu.

VLAN sítě jsou přiřazeny jednotlivým portům, nyní je potřeba nastavit ještě trunkové porty, které propojují jednotlivé přepínače. Na portu G1, který propojuje přepínač SW1-H1 s přepínačem SW2-H2 je zapotřebí povolit průchod oběma VLAN sítím. Na této lince totiž prochází provoz obou instancí, jak můžete vidět na obrázku 4.3.

```
[SW1-H1] interface gigabitethernet 0/0/1
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/1] port link-type trunk
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/1] port trunk allow-pass vlan 4 5
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/1] undo ndp enable
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/1] quit
```

Příkaz `undo ndp enable` zakazuje protokol Neighbor Discovery Protocol, který slouží pro zjišťování informací o svých sousedních přepínačích. Zakázán je z důvodu správné funkce spanning tree protokolu. Ostatní porty nastavíme podle těchto vzorů.

V této fázi jsou nastaveny všechny používané porty. V tom případě zbývá nakonfigurovat Spanning Tree protokol.

STP je nejprve potřeba na přepínači zapnout následujícím příkazem:

```
[SW1-H1] stp enable
```

V dalším kroku nastavíme mód na Multiple Spanning Tree a nakonfigurujeme oblast neboli region.

```
[SW1-H1] stp mode mstp
[SW1-H1] stp region-configuration
[SW1-H1-mst-region] region-name mynet1
[SW1-H1-mst-region] revision-level 1
[SW1-H1-mst-region] instance 1 vlan 4
[SW1-H1-mst-region] instance 2 vlan 5
[SW1-H1-mst-region] active region-configuration
[SW1-H1-mst-region] quit
```


Těmito příkazy nastavíme jméno oblasti, revizní číslo, a přiřadíme jednotlivým instancím příslušné VLAN sítě. V neposlední řadě je zapotřebí aktivovat nastavení MST regionu. Při konfiguraci oblasti je důležité zadat správné údaje, pokud už na nějakém jiném přepínači máme vytvořenou nějakou oblast. Jestliže oblast teprve vytváříme, tzn., že neexistuje na žádném jiném přepínači, je vhodné si zapsat nastavené údaje, aby nedošlo k později k problémům vzniklým zadáním špatného jména či revizního čísla.

Přepínač SW1-H1 je v této topologii ROOT pro instanci 2. Toto se nastaví jedním příkazem, kterým přidělíme přepínači prioritu v dané instanci.

```
[SW1-H1] stp instance 2 priority 4096
```

Jak je popsáno výše, přepínač s nejmenším číslem priority se stane ROOT přepínačem. Zbylé konfigurační výpisy, podrobné výpisy MST protokolů a konfiguraci zařízení Cisco najdete v příloze E.

[14]

4.3 Funkce OSPF

Open Shortest Path First je Link-State směrovací protokol využívaný pro interní směrování uvnitř autonomního systému (AS). Autonomním systémem může být lokální síť nějaké firmy či infrastruktura místního poskytovatele internetu. Je to dynamický protokol, který rozpozná změny v síti a sám si automaticky upraví směrovací tabulku a tuto změnu pošle všem ostatním směrovačům. Autonomní systémy se mohou dále dělit na jednotlivé oblasti, směrovače v dané oblasti znají svou síť, a zprávy, pomocí kterých se informují navzájem mezi sebou, si posílají pouze v rámci dané oblasti, nikoliv za její hranice. [15]

4.3.1 Princip funkce

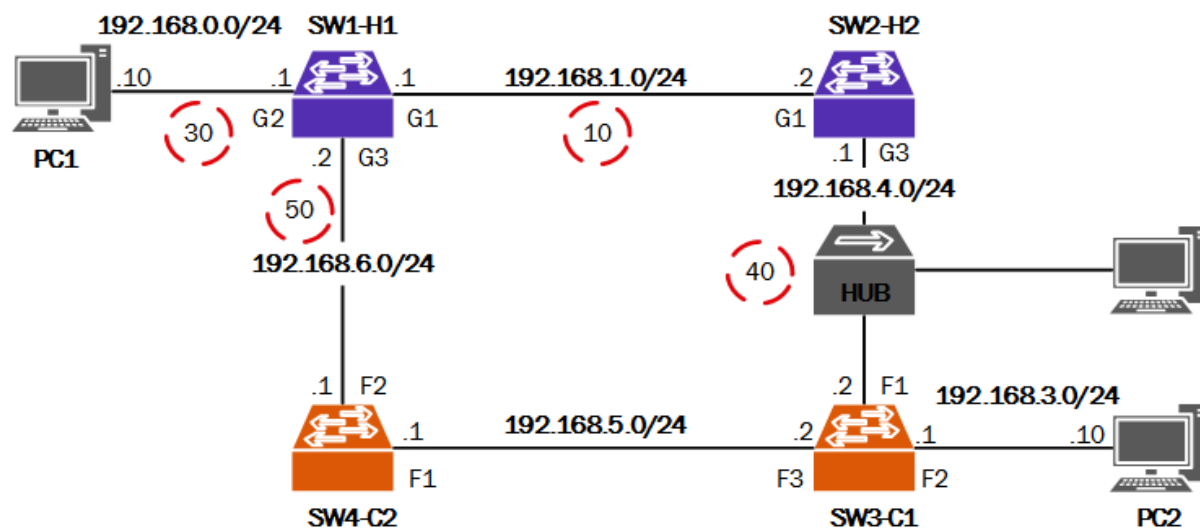
OSPF se řídí stavem linky, v základním nastavení vysílá každých 10 sekund HELLO paket svým sousedům. Hello paket obsahuje takzvaný dead interval, který je původně nastaven na 40 sekund. Pokud do té doby nepřijde směrovači odpověď, prohlásí danou linku za nefunkční. Informace ve své směrovací tabulce si upraví a tuto změnu rozešle všem směrovačům v síti pomocí paketu LS Update. Ostatní směrovače pak odpovídají potvrzovacím paketem LS Acknowledge o přijetí zprávy OSPF směrovače počítají cenu linek neboli cest v síti, kterou znají. Cenu anglicky „COST“ počítají pomocí Dijkstrova algoritmu, který slouží k hledání nejkratší cesty v grafu. Na celkovou cenu cesty má vliv přenosová rychlost portů, přenosová rychlost a typ kabelů anebo lze cenu nastavit také manuálně. Jako cílovou adresu nevyužívají směrovače broadcast jako je tomu například u směrovacího protokolu RIP. Všechny pakety směřují na multicast adresy 224.0.0.5 a 224.0.0.6. a tím zbytečně nezatěžují síť. [16]

4.3.2 Praktické ověření funkčnosti

Konfigurace zařízení obou výrobců jsou poměrně dost podobné až na jednu velice důležitou výjimku u Huawei. Na přepínačích Cisco je zapotřebí zadat pár příkazů, aby se odemkly směrovací funkce, a posléze pak na konkrétních portech nastavit jejich IP adresy. Porty v základním nastavení operují na druhé vrstvě ISO/OSI modelu. Na takovémto portu nelze nastavovat IP adresu, protože IP adresy jsou vlastností až třetí vrstvy ISO/OSI. Na druhé vrstvě se používají MAC adresy. Proto je nutné přepnout port na třetí vrstvu:

```
Switch(config-if)#no switchport
```

Po zadání tohoto příkazu již lze nastavit danému portu IP adresu. U Huawei tomu ale tak není. Jestliže chceme na přepínačích Huawei přiřadit nějakému portu IP adresu. Musíme nejprve vytvořit virtuální síť, tedy VLAN. Pak nakonfigurujeme tzv. VLAN interface, neboli rozhraní VLAN sítě, kterou jsme vytvořili. Na tomto rozhraní už IP adresu nastavit lze. V této fázi už pouze stačí na fyzickém rozhraní – na portu nakonfigurovat neznačkováný průchod pro VLAN síť, kterou jsme si pro tuto síť vytvořili a na které je vytvořeno VLAN rozhraní. Podrobný popis konfigurace je možné dohledat v následující kapitole.



Obrázek 4.5: Schéma zapojení v laboratoři – OSPF.

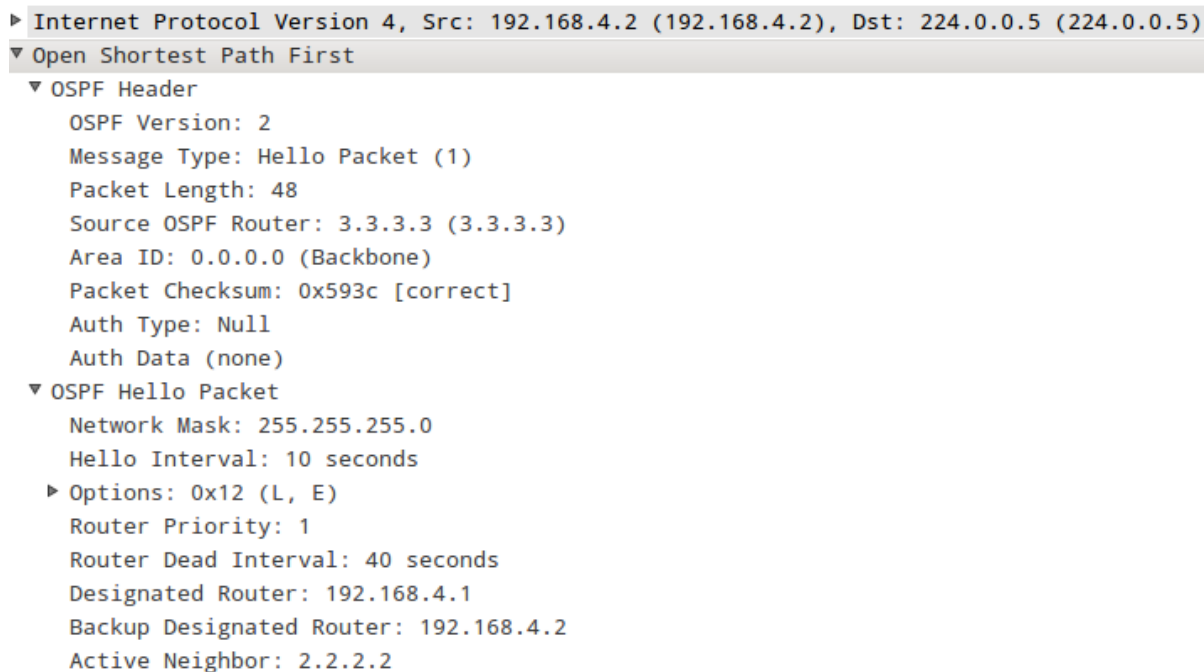
Zapojení pro funkci OSPF sestávalo ze dvou síťových prvků Huawei a dvou prvků Cisco. Do sítě byl také zapojen rozbočovač pro odchyťávání provozu a pár počítačů, na kterých se testovala dostupnost v síti. Na schéma zapojení je vidět čísla v červených kroužcích, což je označení pro VLAN síť, které bylo nutné vytvořit pro funkci Huawei přepínačů na třetí vrstvě. Na následujícím výpisu je zachycena směrovací tabulka přepínače SW1-H1. Čísla v červených kroužcích označují virtuální síť.

| Destination | Cost | Type | NextHop | AdvRouter | Area |
|----------------|------|---------|-------------|-----------|---------|
| 192.168.0.0/24 | 1 | Stub | 192.168.0.1 | 1.1.1.1 | 0.0.0.0 |
| 192.168.1.0/24 | 1 | Transit | 192.168.1.1 | 1.1.1.1 | 0.0.0.0 |
| 192.168.6.0/24 | 1 | Transit | 192.168.6.2 | 1.1.1.1 | 0.0.0.0 |
| 192.168.3.0/24 | 102 | Stub | 192.168.1.2 | 3.3.3.3 | 0.0.0.0 |
| 192.168.4.0/24 | 2 | Transit | 192.168.1.2 | 2.2.2.2 | 0.0.0.0 |
| 192.168.5.0/24 | 11 | Transit | 192.168.6.1 | 3.3.3.3 | 0.0.0.0 |

Z této směrovací tabulky lze vyčíst, že všechny sítě patří do OSPF oblasti 0.0.0.0. Další informace které tato tabulka obsahuje je typ dané sítě. Stub znamená, že se jedná o síť, která je koncová, tudíž obsahuje nějaké hosty. Naopak síť s označením Transit je síť, která se nachází mezi směrovači, tudíž přes ni může probíhat přenos dat, paketů do jiné sítě. Důležitým parametrem je zde

rovněž i sloupec s označením „Cost“. Tento sloupec udává cenu, za jakou je směrovač schopen se dostat do dané sítě. Do sítě 192.168.3.0 je tato cena nejvyšší, a to z důvodu manuální konfigurace šířky pásma linky.

Na následujícím obrázku je znázorněn zachycený Hello paket v programu Wireshark.



Obrázek 4.6: Zachycený Hello paket v programu Wireshark.

Z obrázku je patrné, že tento Hello paket vyslal přepínač SW3-C1 ze svého rozhraní 192.168.4.2. Cílovou adresou je právě multicast adresa, kterou OSPF protokol používá. Dalšími informacemi jsou: verze OSPF protokolu, identifikační číslo zdrojového přepínače, oblast, Hello interval, dead interval, který udává dobu, po kterou čeká na odpověď a podobně. Níže je možno shlédnout ukázkou výpisu OSPF sousedů neboli sousedních směrovačů. Výpis připojených sousedních směrovačů je poměrně užitečná funkce. Je možno jej zobrazit příkazem:

```
[SW1-H1] display ospf peer
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1 Neighbors
```

```
Area 0.0.0.0 interface 192.168.1.1(Vlanif10)'s neighbors
```

```
Router ID: 2.2.2.2           Address: 192.168.1.2
```

```
State: Full      Mode:Nbr is Master   Priority: 1
```

```
DR: 192.168.1.2 BDR: 192.168.1.1     MTU: 0
```

```
Dead timer due in 40 sec
```

```
Retrans timer interval: 5
```

```
Neighbor is up for 02:55:24
```

```
Authentication Sequence: [ 0 ]
```

Z výstupu se můžeme dočíst, že jde o OSPF proces číslo 1, který běží na směrovači s identifikačním číslem 1.1.1.1. Jedná se o oblast 0.0.0.0, ve které má tento směrovač na svém rozhraní s IP adresou 192.168.1.1(Vlanif10) souseda s identifikačním číslem 2.2.2.2, jehož rozhraní nese IP adresu 192.168.1.2. Další informací je, že „dead“ interval vyprší za 40 sekund a tento soused je připojen už téměř 3 minuty. Z důvodu ušetření místa, je zde uveden pouze jeden soused.

4.3.3 Konfigurace Huawei

Tato podkapitola obsahuje podrobný návod, jak nakonfigurovat zařízení Huawei, aby fungovalo směrování pomocí OSPF protokolu se zařízeními Cisco. Před samotnou konfigurací byl firmware v zařízeních Huawei aktualizován na nejnovější verzi. Ukázka konfigurace se týká přepínače **SW1-H1** ze schématu (viz. Obrázek 4.5). Veškeré čísla a značení portů, přepínačů, směrovačů, atd. najdete právě v tomto obrázku.

Nejprve nastavíme jméno přepínače:

```
<Quidway> system-view
[Quidway] sysname SW1-H1
```

Dalším krokem je vytvoření VLAN sítě.

```
<SW1-H1> system-view
[SW1-H1] vlan batch 10 30 50
```

Nyní je zapotřebí vytvořit VLAN rozhraní pro každou VLAN síť. Na těchto rozhraních je potřeba nastavit jejich patřičné IP adresy, které jsou potřebné pro směrování. Konfigurace například VLAN rozhraní 10, vypadá takto:

```
<SW1-H1> system-view
[SW1-H1] interface vlanif 10
[SW1-H1-Vlanif10] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
[SW1-H1-Vlanif10] quit
```

Následným krokem v konfiguraci je přiřazení VLAN sítě na příslušná rozhraní. Rozhraní je nutno nastavit do hybridního módu a zapnout neznačkový provoz. Příklad pro nastavení rozhraní G1:

```
[SW1-H1] interface gigabitethernet 0/0/1
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] port hybrid pvid vlan 10
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] port hybrid untagged vlan 10
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] quit
```

Analogicky nastavíme i zbylá rozhraní a přepínače. V této fázi, když jsou přepínače připraveny na zapnutí směrování, je nutné nakonfigurovat OSPF protokol. Směrovače používají identifikační číslo, které se nastavovat nemusí, ale je to vhodné pro lepší přehled v síti. Identifikační číslo směrovače nastavíme příkazem:

```
[SW1-H1] router id 1.1.1.1
```

V následujících příkazech spustíme a nakonfigurujeme základní funkce OSPF protokolu.

```
[SW1-H1] ospf
```

Zvolíme oblast OSPF protokolu. Oblastí určíme, kde bude protokol funkční. Pro celou síť, která byla zapojena v laboratoři, byla použita oblast pouze jedna. Oblast 0 se v OSPF protokolu nazývá jako páteří.

```
[SW1-H1-ospf-1] area 0
```

Nyní zadáme všechny sítě, které jsou ke směrovači připojeny, a chceme, aby se mezi nimi provádělo směrování.

```
[SW1-H1-ospf-1-area-0.0.0.0] network 192.168.0.0 0.0.0.255
```

```
[SW1-H1-ospf-1-area-0.0.0.0] network 192.168.1.0 0.0.0.255
```

```
[SW1-H1-ospf-1-area-0.0.0.0] network 192.168.6.0 0.0.0.255
```

Maska se u těchto sítí zapisuje v obráceném tvaru, v angličtině se nazývá „wildcard mask“. Pokud má síť masku /24, což je 255.255.255.0, obrácená maska pak vypadá takto: 0.0.0.255. Konfiguraci ukončíme standardně příkazem `quit`.

```
[SW1-H1-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
```

Další informace k této funkci je možno dohledat v příloze F.

4.4 Funkce RIPng

Routing Information Protocol new generation neboli také RIP nové generace je směrovací protokol, který se využívá pro IP protokol verze 6, tedy pro síť, které již využívají IPv6 adresy. IPv6 adresy obecně jsou 128 bitů dlouhé a začínají se využívat z důvodu malého adresního prostoru IPv4 protokolu. Jedná se o směrovací protokol typu „distance-vector“, tedy protokol, který se řídí počtem skoků v síti nikoliv stavem linky, jako to dělá například směrovací protokol OSPF. S touto vlastností přímo souvisí parametr metriky. Metrika je číslo od 1 do 15 včetně. Nejdelší cesta může mít metriku 15. RIPng počítá metriku v síti dle počtu „hopů“, což jsou průchody přes směrovače.

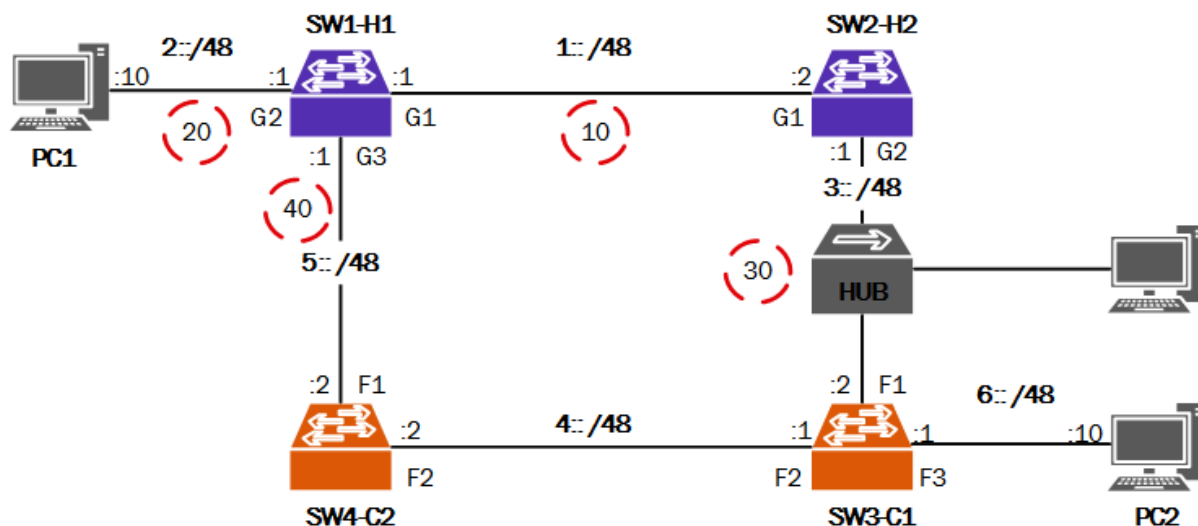
4.4.1 Princip funkce

Princip je podobný jako u všech směrovacích protokolů. Směrovač využívající RIPng obsahuje směrovací tabulku, do které si zapisuje veškeré své vědomosti o síti, kterou zná. Každých 30 sekund pošle směrovač paket obsahující jeho kompletní směrovací tabulku na každý sousedící směrovač. Další vlastností je zahrnutý časovač, který když vyprší, tak dojde k vymazání zápisu ze směrovací tabulky. Jak příchozí tak odchozí pakety rozesílané směrovači prochází přes UDP port 521, což je port, který patří právě RIPng. Stejně jako OSPF protokol nebo RIPv2 i RIPng používá multicast adresu, která je pro RIPng ff02::9. [17]

4.4.2 Praktické ověření funkčnosti

Zapojení bylo navrženo tak, aby se opět otestovala kompatibilita obou výrobců. Sestávalo tedy ze dvou přepínačů Huawei a dvou přepínačů Cisco. Na přepínačích Huawei bylo zapotřebí stejně jako u funkce OSPF vytvořit VLAN síť a VLAN rozhraní, z důvodu funkce na třetí vrstvě. Celkem tato síť obsahovala 6 sítí. Vše bylo adresováno IPv6 adresami. Pro testování konektivity a dalších funkcí byly v síti připojeny také dva počítače. Kde každý z nich byl připojen na opačném konci sítě, zejména z toho důvodu, aby bylo možné vysledovat cesty paketů a také jejich chování. Pro sledování provozu

a posílaných paketů mezi směrovači byl do sítě připojen rozbočovač a s počítačem, na kterém byl spuštěný program Wireshark, který je právě pro zachytávání provozu vytvořen. Čísla v červených kroužcích označují virtuální sítě.



Obrázek 4.7: Schéma zapojení v laboratoři – RIPng.

Kvůli přehlednosti je níže uveden výpis z databáze protokolu RIPng namísto směrovací tabulky. Směrovací tabulka v podání prvků Huawei je velice zdlouhavá a nepřehledná. Jednotlivé záznamy jsou zde tvořeny adresou cílové sítě. Druhým zápisem je odchozí rozhraní, přes které se do dané sítě směrovač dostane. Pakliže je metrika do cílové sítě větší než 0, je nejprve uvedena MAC adresa prvního směrovače, přes který vede cesta a až poté název odchozího rozhraní. Posledním parametrem v databázi je metrika, u Huawei uváděná jako „cost“ neboli cena linky.

```
[SW1-H1]display ripng 1 database
1::/48, Vlanif10, cost 0, RIPng-interface
2::/48, Vlanif20, cost 0, RIPng-interface
3::/48, via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, Vlanif10, cost 1
4::/48, via FE80::225:46FF:FE0A:EEC1, Vlanif40, cost 1
5::/48, Vlanif40, cost 0, RIPng-interface
6::/48, via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, Vlanif10, cost 2
6::/48, via FE80::225:46FF:FE0A:EEC1, Vlanif40, cost 2
```

Mezi počítači PC1 a PC2 probíhal test spojení pomocí příkazu ping pro IPv6, který běží na protokolu ICMPv6. Příkaz byl spuštěn na počítači PC2 a vypadá následovně:

```
root@student-n312:/home/student# ping6 2::10
```

Díky programu Wireshark je možné vidět, jak tento přenos probíhal.

| Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|--------|-------------|----------|--------|---------------------|
| 6::10 | 2::10 | ICMPv6 | 118 | Echo (ping) request |
| 2::10 | 6::10 | ICMPv6 | 118 | Echo (ping) reply |

Obrázek 4.8: Komunikace příkazu PING odchytená pomocí programu Wireshark.

Jak již je zmíněno v podkapitole princip funkce o komunikaci směrovačů se zapnutým protokolem RIPng, na následujícím obrázku (4.9) je jeden takový paket zachycen v programu Wireshark. Na tomto obrázku lze vidět, že cílová adresa je opravdu multicast ff02::9, dalším faktem jsou porty, zdrojový i cílový je 521. Součástí paketu je také směrovací tabulka.

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|-------------|--------------------------------|-------------|----------|--------|-----------------------------|
| 3694 | 7255.348655 | fe80::5689:98ff:fe73::ff02::9 | | RIPng | 146 | Command Response, Version 1 |
| 3695 | 7260.386573 | fe80::7a1d:baff:fea6::1ff02::9 | | RIPng | 146 | Command Response, Version 1 |
| 3697 | 7288.347474 | fe80::5689:98ff:fe73::ff02::9 | | RIPng | 146 | Command Response, Version 1 |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| ▶ Frame 3695: 146 bytes on wire (1168 bits), 146 bytes captured (1168 bits) | | | | | | |
| ▶ Ethernet II, Src: HuaweiTe_a6:b8:18 (78:1d:ba:a6:b8:18), Dst: IPv6mcast_00:00:00:09 (33:33:00:00:00:09) | | | | | | |
| ▶ Internet Protocol Version 6, Src: fe80::7a1d:baff:fea6:b818 (fe80::7a1d:baff:fea6:b818), Dst: ff02::9 (ff02::9) | | | | | | |
| ▶ User Datagram Protocol, Src Port: ripng (521), Dst Port: ripng (521) | | | | | | |
| ▼ RIPng | | | | | | |
| Command: Response (2) | | | | | | |
| Version: 1 | | | | | | |
| Reserved: 0000 | | | | | | |
| ▶ Route Table Entry: IPv6 Prefix: 1::/48 Metric: 1 | | | | | | |
| ▶ Route Table Entry: IPv6 Prefix: 3::/48 Metric: 1 | | | | | | |
| ▶ Route Table Entry: IPv6 Prefix: 4::/48 Metric: 2 | | | | | | |
| ▶ Route Table Entry: IPv6 Prefix: 6::/48 Metric: 2 | | | | | | |

Obrázek 4.9: Paket protokolu RIPng zachycený pomocí programu Wireshark.

Při konfiguraci probíhalo vše bez problémů až na jednu maličkost u přepínačů firmy Cisco. Přepínače Cisco totiž disponují takzvanými Switch Database Management (SDM) templates, což jsou šablony, kde každá z nich obsahuje jinou databázi specifických příkazů. Přehled a využití několika těchto šablon je následující:

- **Routing** – šablona poskytující maximální podporu systému pro směrování typu unicast, běžně vyžadováno u směrovačů v centru sítě.
- **VLANs** – šablona, která znemožňuje směrování a podporuje maximální počet unicast MAC adres. Tato šablona najde využití u přepínačů pracujících na druhé vrstvě.
- **Default** – základní šablona nabízí vyrovnaný poměr pro všechny funkce.
- **Access** – šablona poskytující maximální podporu systému pro ACL listy.

V laboratoři nastal problém právě s tím, že na přepínačích byla pravděpodobně nastavena nesprávná šablona, která znemožňovala zapnout směrování. Z toho důvodu bylo potřeba zadat následující příkaz, který umožnil používat příkazy pro IPv6 směrování. [18]

```
Switch(config)#sdm prefer dual default
```

```
Switch(config)#exit
```

Po zadání příkazu je nutné zařízení restartovat:

```
Switch(config)#reload
```

4.4.3 Konfigurace Huawei

Tato podkapitola obsahuje podrobný návod, jak nakonfigurovat zařízení Huawei, aby fungovalo směrování v síti s IPv6 adresami pomocí protokolu RIPng se zařízeními Cisco. Před samotnou konfigurací byl firmware v zařízeních Huawei aktualizován na nejnovější verzi. Ukázka konfigurace se týká přepínače **SW1-H1** ze schématu (viz. Obrázek 4.7). Veškeré čísla a značení portů, přepínačů, směrovačů, atd. najdete právě v tomto obrázku.

Na přepínači je již nastaveno jméno a vytvořeny VLAN sítě 10, 20 a 40. Tyto dvě konfigurace zde popsány nebudou, protože tomuto nastavení byly věnovány řádky v předchozí podkapitole o konfiguraci funkce OSPF (4.3.3 Konfigurace Huawei).

Následným krokem v konfiguraci je přiřazení VLAN sítí na příslušná rozhraní. Rozhraní je nutno nastavit do hybridního módu a zapnout neznačkový provoz. Příklad pro nastavení rozhraní G1:

```
[SW1-H1] interface gigabitethernet 0/0/1
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] port hybrid pvid vlan 10
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] port hybrid untagged vlan 10
[SW1-H1-GigabitEthernet0/0/4] quit
```

Dalším krokem je vytvoření VLAN rozhraní pro každou VLAN síť. Na těchto rozhraních je potřeba nastavit jejich patřičné IP adresy, které jsou potřebné pro směrování a povolit směrování pro IPv6. Konfigurace například VLAN rozhraní 10, vypadá takto:

```
<SW1-H1> system-view
[SW1-H1] ipv6
[SW1-H1] interface vlanif 10
[SW1-H1-Vlanif10] ipv6 enable
[SW1-H1-Vlanif10] ipv6 address 1::1/48
[SW1-H1-Vlanif10] quit
```

Po nastavení všech rozhraní stačí už pouze zapnout směrovací protokol RIPng. Zapnutí protokolu RIPng je jednoduché, do systému stačí zadat příkaz:

```
[SW1-H1] ripng 1
[SW1-H1-ripng-1] quit
```

Číslo zde pouze označuje proces směrovacího protokolu. Na zařízení může být těchto protokolů zapnuto více, kde každý bude jinak nastavený. V této fázi na VLAN rozhraních, které chceme použít pro směrování, zapneme RIPng protokol, který byl spuštěn předchozím příkazem.

```
[SW1-H1] interface vlanif 10
[SW1-H1-Vlanif10] ripng 1 enable
[SW1-H1-Vlanif10] quit
```


Analogicky nastavíme i zbylá rozhraní a přepínače. Směrovače používají identifikační číslo stejně jako u OSPF protokolu, které se nastavovat nemusí, ale je to vhodné pro lepší přehled v síti. Identifikační číslo směrovače nastavíme příkazem:

```
[SW1-H1] router id 1.1.1.1
```

Další informace k této funkci je možno dohledat v příloze G.

5 Závěr

Středem zájmu této práce bylo srovnat parametry a funkce L3 přepínačů dvou výrobců – Cisco a Huawei a posléze ověřit vzájemnou kompatibilitu při reálných zapojeních.

Od společnosti Huawei byly k dispozici během řešení této práce zařízení z řady S5300. Tato řada nabízí celkem 7 zařízení. Všechna tato zařízení jsou vybavena porty, které dokážou pracovat s teoretickou přenosovou rychlostí až 1Gbit/s. Dalším prvkem této řady je fakt, že každý přepínač je vybaven duálním zdrojem napájení. Duálním zdrojem jsou míněny dva fyzické zdroje, které nabízí hned několik způsobů napájení. Jednou z možností je současné napájení oběma zdroji, kdy jeden z nich se chová jako záložní zdroj pro případ selhání toho druhého. Další výhodou této řady je možnost dokoupení rozšiřovacích karet, které Huawei ke svým zařízením nabízí. Tato skutečnost je vhodná zejména pro zákazníky, kteří šetří své výdaje a raději využijí právě možnost rozšířit zařízení namísto koupě dalšího a poměrně drahého prvku. Využití tato zařízení najdou především ve středně velkých až rozlehlých sítích, což je možné přirovnat sítím ve větších firmách až po obrovské sítě vysokých škol.

Prvky pocházející ze společnosti Cisco, které byly porovnávány se zařízeními Huawei patří do řady, která nese označení 3560. Tato řada nabízí 9 pevně nakonfigurovaných přepínačů, co se fyzické stránky týče. Nelze je tedy dále, jako přepínače Huawei rozšiřovat pomocí doplňkových karet. Větší polovina – 5 přepínačů z této řady je stejně jako u konkurence vybaveno porty s přenosovou rychlostí až 1Gbit/s, zbylá 4 zařízení disponují pouze porty o rychlosti 100Mbit/s. Výhodou pro zařízení Cisco je obrovské rozšíření po celém světě včetně svých akademií, učebních plánů, soutěží apod.

Co se týče stránky programového vybavení, tak je zde mnoho podobných rysů u obou výrobců, ať už se jedná o samotnou strukturu či konkrétní příkazy, pomocí kterých se na zařízení nastavují různé funkce a vlastnosti. Základní struktura obou systémů je velice podobná. Systém iOS od společnosti Cisco má celkem tři základní úrovně pro zadávání příkazů. Systém VRP vyvinutý v dílnách Huawei má pouze dvě základní úrovně, což se v praxi jevílo jako praktičtější zejména v orientaci a mnohdy velice rychlejší při konfiguraci různých funkcí. Na druhou stranu systém iOS zase vedl v intuici a jednoduchosti při spouštění a nastavování jednotlivých funkcí, než systém VRP u něhož bylo nutné pro konfiguraci stejné funkce zadat více příkazů.

Mezi ověřené funkce v laboratoři patří i takové, které na normálních přepínačích nelze vyzkoušet – směrovací protokoly. Ověřeny byly konkrétně dva – OSPF a RIPng. Velkým rozdílem mezi oběma výrobci je řešení funkcí na třetí vrstvě. Konkrétně u zařízení Cisco stačí zadat pouze jeden příkaz, aby se z portu pracujícího na druhé vrstvě stal port třetí vrstvy. Ten pak umožňuje nastavit IP adresu a je možné s ním pracovat stejně jako s portem směrovače. Přepínače Huawei jsou řešeny trochu odlišně. Nastavení IP adresy na portu je poměrně zdlouhavé a značně složitější. Je zapotřebí vytvořit virtuální síť a příslušné virtuální rozhraní, na kterém lze nastavit IP adresu. Daný port se pak musí přiřadit do této virtuální sítě.

Další z testovaných funkcí byl Spanning Tree Protocol, tedy protokol, který zamezuje tvorbě smyček v síti. Zařízení Huawei používají klasický STP a přepínače od společnosti Cisco svůj vlastní PVST+. Problém s kompatibilitou nastal právě u této funkce. Tyto dva protokoly spolu komunikují pouze při omezených podmínkách, tudíž jejich využití v praxi je takřka nemožné a rovněž se ani nedoporučuje. Proto byl při testování místo klasického protokolu STP ověřen protokol MST, který obsahují zařízení obou výrobců a tudíž je zde zaručena i jejich vzájemná kompatibilita, která byla v laboratoři úspěšně ověřena.

Použitá literatura

- [1] Huawei. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Huawei>
- [2] Huawei Corporate. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <http://www.huawei.com/en/about-huawei/corporate-info/index.htm>
- [3] [PDF]Huawei Technologies. *Quidway S5300 Series Ethernet Switches: Hardware Description*. 2011.
- [4] [PDF] Huawei Technologies. *S5300 Switches: Product Brochure*. 2011.
- [5] Cisco. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Cisco_Systems
- [6] Cisco Overview. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <http://newsroom.cisco.com/overview>
- [7] Cisco Catalyst 3560 Series. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps5528/prod_brochure0900aecd803f9145.html
- [8] Router-switch.com. [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.router-switch.com/ws-c3560-24ts-s-p-457.html>
- [9] S5700 V100R006C00 Configuration Guide: Ethernet 02. [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://support.huawei.com/enterprise/docinforeader.action?contentId=DOC0100533705&idPath=7919710%7C9856733%7C7923144%7C6691579%7C6718525%7C6884875%7C6884878>
- [10] MSTP Technology White Paper. [online]. [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CD4QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.huawei.com%2Flink%2Fenterprise%2Fdownload%2FHW_194940&ei=kZdvUeDgGdCV7AaTwYHIDQ&usg=AFQjCNFalwJtOIYZ77uM4M6JB--52F3Iyg&sig2=xZt13pwEHIKX5GdWumNNhA
- [11] Per VLAN Spanning Tree (PVST). [online]. [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk621/tk846/tsd_technology_support_sub-protocol_home.html
- [12] Understanding MSTP. [online]. [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://blog.ine.com/2010/02/22/understanding-mstp/>
- [13] Spanning Tree Protocol. [online]. [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Spanning_tree_protocol
- [14] MSTP between Cisco and Huawei. [online]. [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: http://tonle.obositii.ro/index.php?option=com_content&view=article&id=12:mstp-between-cisco-and-huawei&catid=10&Itemid=112
- [15] Protokol OSPF. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/site/ospf-dynamicke-routovani>
- [16] Open Shortest Path First. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Shortest_Path_First
- [17] RFC 2080 – RIPng for IPv6. [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://tools.ietf.org/html/rfc2080>

-
- [18] Configuring SDM Templates. [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z:
http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst3750x_3560x/software/release/12.2_53_se/configuration/guide/swsdm.html

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 2.1: Schéma zapojení v podnikových sítích.[4] | 5 |
| Obrázek 2.2: Schéma zapojení v datových centrech.[4] | 6 |
| Obrázek 2.3: Příklady prodejního označení zařízení. [3] | 7 |
| Obrázek 2.4: Huawei S5328C-PWR-EI.[4] | 8 |
| Obrázek 3.1: Řada Cisco Catalyst 3560.[7] | 9 |
| Obrázek 3.2: Přepínač Cisco Catalyst 3560-24TS-S.[8] | 12 |
| Obrázek 4.1: Schéma zapojení v laboratoři – VLAN..... | 15 |
| Obrázek 4.2: Odchycené pakety v programu Wireshark..... | 16 |
| Obrázek 4.3: Schéma zapojení v laboratoři – MST. | 19 |
| Obrázek 4.4: Zachycená komunikace Spanning Tree protokolu v programu Wireshark..... | 21 |
| Obrázek 4.5: Schéma zapojení v laboratoři – OSPF..... | 24 |
| Obrázek 4.6: Zachycený Hello paket v programu Wireshark. | 25 |
| Obrázek 4.7: Schéma zapojení v laboratoři – RIPng. | 28 |
| Obrázek 4.8: Komunikace příkazu PING odchycená pomocí programu Wireshark..... | 29 |
| Obrázek 4.9: Paket protokolu RIPng zachycený pomocí programu Wireshark..... | 29 |

Seznam příloh

| | |
|--|------|
| Příloha.A: Parametry zařízení Huawei S5328C-PWR-EI | I |
| Příloha.B: Parametry zařízení Huawei S5328C-HI | III |
| Příloha.C: Parametry zařízení Cisco Catalyst 3560-24TS-S | V |
| Příloha.D: Konfigurace a výpisy k funkci VLAN | VI |
| Příloha.E: Konfigurace a výpisy k funkci MST..... | IX |
| Příloha.F: Konfigurace a výpisy k funkci OSPF..... | XIII |
| Příloha.G: Konfigurace a výpisy k funkci RIPng | XVII |

Příloha.A: Parametry zařízení Huawei S5328C-PWR-EI

Systémová konfigurace:

- Procesor: 533 MHz
- Přepínací kapacita: 88 Gbit/s
- Kapacita přeposílání paketů: 65,47 Mpps
- Kapacita hromadění: 48 Gbit/s obousměrné kupení datového toku
- DDR paměť: 256 MB
- Flash paměť: 32 MB

Fyzické parametry:

- Rozměry (šířka x hloubka x výška): 442.0 mm x 420.0 mm x 43.6 mm
- Maximální výkon (plná výbava): 472 W (ztrátový výkon: 102 W, PoE: 370 W)
- Váha: plná výbava do 8,5 kg, prázdná šasi do 5kg
- Střídavé vstupní napětí:
 - jmenovité napětí: -48 V až -60 V
 - maximální napětí -36 V až -72 V
- Stejnoseměrné vstupní napětí:
 - jmenovité napětí: 100 V až 240 V
 - maximální napětí: 90 V až 264 V
- Teplota:
 - provozní: 0°C až 50°C
 - uskladnění: -40°C až 70°C
- Relativní vlhkost: 10 - 90%
- Operační nadmořská výška: 0 – 2000 m



Obrázek 5.1: Přední strana přepínače S5328C-PWR-EI.

Následující tabulka zobrazuje popisky k obrázku přední strany zařízení.

Tabulka 5.1: Popisky k obrázku.

| | | | |
|---|------------------------------------|-------------------------|--|
| 3. Dvacetčtyři 10/100/1000BASE-T rozhraní pro Ethernet. | 5. Rozhraní pro připojení konzole. | 6. Rozhraní pro správu. | 7. Přední slot pro rozšiřovací podkarty. |
|---|------------------------------------|-------------------------|--|



Obrázek 5.2: Zadní strana přepínače S5328C-PWR-EI.

Následující tabulka zobrazuje popisky k obrázku zadní strany zařízení.

Tabulka 5.2: Popisky k obrázku.

| | | | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|
| 1. ESD jack – konektor pro připojení antistatického náramku | 2. Zadní slot pro rozšiřovací podkarty. | 3. Modul obsahující ventilátory. | 4. Slot napájecího zdroje. |
|---|---|----------------------------------|----------------------------|

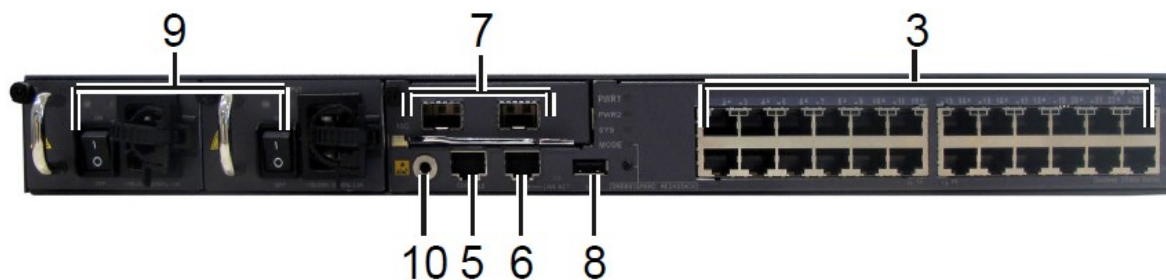
Příloha.B: Parametry zařízení Huawei S5328C-HI

Systémová konfigurace:

- Procesor: 1 GHz
- Přepínací kapacita: 128 Gbit/s
- Kapacita přeposílání paketů: 95,2 Mpps
- Kapacita hromadění: 48 Gbit/s obousměrné kupení datového toku
- DDR paměť: 512 MB
- Flash paměť: 64 MB

Fyzické parametry:

- Rozměry (šířka x hloubka x výška): 442.0 mm x 220.0 mm x 43.6 mm
- Maximální výkon (plná výbava): 89 W
- Váha: plná výbava do 8,5 kg, prázdná šasi do 5 kg
- Střídavé vstupní napětí:
 - jmenovité napětí: -48 V až -60 V
 - maximální napětí -36 V až -72 V
- Stejnoseměrné vstupní napětí:
 - jmenovité napětí: 100 V až 240 V
 - maximální napětí: 90 V až 264 V
- Teplota:
 - provozní: -5°C až 55°C (v nadmořské výšce 0 – 1800 m)
 - uskladnění: -40°C až 70°C
- Relativní vlhkost: 10 - 90%
- Operační nadmořská výška: 0 – 4000 m



Obrázek 5.3: Přední strana přepínače S5328C-PWR-EI.

Následující tabulka zobrazuje popisky k obrázku přední strany zařízení.

Tabulka 5.3: Popisky k obrázku.

| | | | |
|---|------------------------------------|--|--|
| 3. Dvacetčtyři 10/100/1000BASE-T rozhraní pro Ethernet. | 5. Rozhraní pro připojení konzole. | 6. Rozhraní pro správu. | 7. Přední slot pro rozšiřovací podkarty. |
| 8. USB port | 9. Slot napájecího zdroje | 10. ESD jack – konektor pro připojení antistatického náramku | |



Obrázek 5.4: Zadní strana přepínače S5328C-PWR-EI.

Následující tabulka zobrazuje popisky k obrázku zadní strany zařízení.

Tabulka 5.4: Popisky k obrázku.

| |
|-------------------------------|
| 5. Dvě monitorovací rozhraní. |
|-------------------------------|

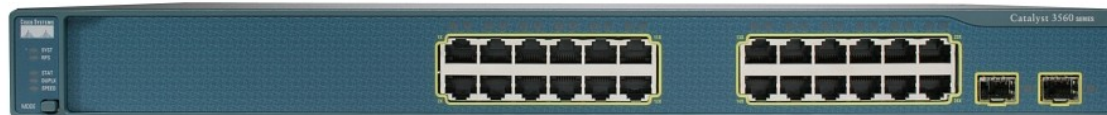
Příloha.C: Parametry zařízení Cisco Catalyst 3560-24TS-S

Systémová konfigurace:

- Přenosová kapacita: 32 Gbit/s
- Kapacita přeposílání paketů: 6,5 Mpps
- DRAM paměť: 128 MB
- Flash paměť: 32 MB

Fyzické parametry:

- Rozměry (šířka x hloubka x výška): 445.0 mm x 300.0 mm x 44.0 mm
- Maximální výkon (plná výbava): 45 W
- Váha: 3,9 kg
- Stejnoseměrné vstupní napětí:
 - jmenovité napětí: 100 V až 240 V
- Teplota:
 - provozní: 0°C až 45°C
 - uskladnění: -25°C až 70°C
- Relativní vlhkost: 10 - 85%
- Operační nadmořská výška: 0 – 3049 m



Obrázek 5.5: Přední strana přepínače C3560-24TS-S.[4]



Obrázek 5.6: Zadní strana přepínače C3560-24TS-S.[4]

Příloha.D: Konfigurace a výpisy k funkci VLAN

Tato příloha obsahuje konfiguraci a důležité výpisy z vybraných zařízení. Z pravidla se jedná o jedno zařízení Huawei – to které bylo popisováno při konfiguraci a o jedno zařízení Cisco. Některé konfigurační výpisy jsou zkrácené z důvodu příliš zdlouhavého výpisu.

Přepínač SW1-H1 Huawei

- konfigurace VLAN

```
[SW1-H1]display current-configuration
#
!Software Version V100R006C00SPC500
 sysname SW1-H1
#
 vlan batch 10 20
#
interface GigabitEthernet0/0/1
 port link-type trunk
 port trunk allow-pass vlan 10 20
#
interface GigabitEthernet0/0/2
 port link-type trunk
 port trunk allow-pass vlan 10 20
#
interface GigabitEthernet0/0/10
 port link-type access
 port default vlan 10
#
interface GigabitEthernet0/0/24
 port link-type trunk
 port trunk allow-pass vlan 10 20
#
return
```

- výpis VLAN

```
[SW1-H1]display vlan
```

```
The total number of vlans is : 3
```

```
-----
U: Up;           D: Down;           TG: Tagged;       UT: Untagged;
MP: Vlan-mapping; ST: Vlan-stacking;
#: ProtocolTransparent-vlan; *: Management-vlan;
-----
```

```
VID   Type      Ports
-----
1      common UT: GE0/0/1(U)    GE0/0/2(U) GE0/0/3(D) GE0/0/4(D)
                GE0/0/5(D)    GE0/0/6(D) GE0/0/7(D) GE0/0/8(D)
                GE0/0/9(D)    GE0/0/11(D) GE0/0/12(D) GE0/0/13(D)
                GE0/0/14(D)   GE0/0/15(D) GE0/0/16(D) GE0/0/17(D)
                GE0/0/18(D)   GE0/0/19(D) GE0/0/20(D) GE0/0/21(D)
                GE0/0/22(D)   GE0/0/23(D) GE0/0/24(U)
10     common UT: GE0/0/10(U)
                TG: GE0/0/1(U)    GE0/0/2(U) GE0/0/24(U)
20     common TG: GE0/0/1(U)    GE0/0/2(U) GE0/0/24(U)
```

Přepínač SW2-C1 Cisco

- konfigurace VLAN

```
SW2-C1#show running configuration
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 1645 bytes
```

```
!
version 12.2
!
hostname SW2-C1
!
interface FastEthernet0/1
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport trunk allowed vlan 10,20
    switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/2
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport trunk allowed vlan 10,20
    switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/20
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
!
end
```

- výpis VLAN

SW2-Cl#show vlan

| VLAN | Name | Status | Ports |
|------|--------------------|-----------|---|
| 1 | default | active | Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6 Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10 Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13 Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23 Fa0/24, Gi0/1, Gi0/2 |
| 10 | VLAN0010 | active | |
| 20 | VLAN0020 | active | Fa0/20 |
| 1002 | fddi-default | act/unsup | |
| 1003 | token-ring-default | act/unsup | |
| 1004 | fddinet-default | act/unsup | |
| 1005 | trnet-default | act/unsup | |

Směrovač R1

- konfigurace Inter-VLAN routing

Zde je popsána konfigurace směrovače. Následující sérií příkazů nastavíme pod-rozhraní.

```
R1(config)#interface fa0/1
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#interface fa0/0.10
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 10
R1(config-subif)#ip address 10.0.0.100 255.255.255.0
R1(config-if)#interface fa0/0.20
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 20
R1(config-subif)#ip address 20.0.0.100 255.255.255.0
```

Jakmile máme nastaveno pod-rozhraní, stačí již pouze zapnout směrování. V zapojení bylo využito směrování pomocí RIPv2.

```
R1(config)#router rip
R1(config-router)#version 2
R1(config-router)#network 10.0.0.0
R1(config-router)#network 20.0.0.0
```

Do RIPv2 zadáme síť, mezi kterými bude probíhat směrování a to je vše, co je potřeba nastavit, aby fungovalo směrování mezi VLAN sítěmi.

Příloha.E: Konfigurace a výpisy k funkci MST

Tato příloha obsahuje konfiguraci a důležité výpisy z vybraných zařízení. Z pravidla se jedná o jedno zařízení Huawei – to které bylo popisováno při konfiguraci a o jedno zařízení Cisco. Některé konfigurační výpisy jsou zkrácené z důvodu příliš zdlouhavého výpisu.

Přepínač SW1-H1 Huawei

- konfigurace MST

```
[SW1-H1]display current-configuration
#
!Software Version V100R006C00SPC500
 sysname SW1-H1
#
 vlan batch 4 to 5
#
 stp instance 2 priority 4096
 stp enable
#
 stp region-configuration
   region-name mynet1
   revision-level 1
   instance 1 vlan 4
   instance 2 vlan 5
   active region-configuration
#
 interface GigabitEthernet0/0/1
   port link-type trunk
   port trunk allow-pass vlan 4 to 5
   undo ndp enable
#
 interface GigabitEthernet0/0/2
   port link-type trunk
   port trunk allow-pass vlan 5
   undo ndp enable

#
 interface GigabitEthernet0/0/4
   port hybrid pvid vlan 4
   port hybrid untagged vlan 4
#
 interface GigabitEthernet0/0/5
   port hybrid pvid vlan 5
   port hybrid untagged vlan 5
#
return
```

- výpis VLAN

[SW1-H1]display vlan

The total number of vlans is : 3

U: Up; D: Down; TG: Tagged; UT: Untagged;
MP: Vlan-mapping; ST: Vlan-stacking;
#: ProtocolTransparent-vlan; *: Management-vlan;

| VID | Type | Ports |
|-----|--------|---|
| 1 | common | UT: GE0/0/1 (U) GE0/0/2 (U) GE0/0/3 (D) GE0/0/4 (U) GE0/0/5 (U) GE0/0/6 (D) GE0/0/7 (D) GE0/0/8 (D) GE0/0/9 (D) GE0/0/10 (D) GE0/0/11 (D) GE0/0/12 (D) GE0/0/13 (D) GE0/0/14 (D) GE0/0/15 (D) GE0/0/16 (D) GE0/0/17 (D) GE0/0/18 (D) GE0/0/19 (D) GE0/0/20 (D) GE0/0/21 (D) GE0/0/22 (D) GE0/0/23 (D) GE0/0/24 (D) |
| 4 | common | UT: GE0/0/4 (U) TG: GE0/0/1 (U) |
| 5 | common | UT: GE0/0/5 (U) TG: GE0/0/1 (U) GE0/0/2 (U) |

- výpis STP

[SW1-H1]display stp brief

| MSTID | Port | Role | STP State | Protection |
|-------|----------------------|------|------------|------------|
| 0 | GigabitEthernet0/0/1 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 0 | GigabitEthernet0/0/2 | ROOT | FORWARDING | NONE |
| 0 | GigabitEthernet0/0/4 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 0 | GigabitEthernet0/0/5 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 1 | GigabitEthernet0/0/1 | ROOT | FORWARDING | NONE |
| 1 | GigabitEthernet0/0/4 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 2 | GigabitEthernet0/0/1 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 2 | GigabitEthernet0/0/2 | DESI | FORWARDING | NONE |
| 2 | GigabitEthernet0/0/5 | DESI | FORWARDING | NONE |

Přepínač SW3-C1 Cisco

- konfigurace MST

```
SW3-C1#show running configuration
Building configuration...
Current configuration : 1774 bytes
!
version 12.2
!
hostname SW3-C1
!
spanning-tree mode mst
spanning-tree extherchannel guard misconfig
spanning-tree extend system-id
!
spanning-tree mst configuration
    name mynet1
    revision 1
    instance 1 vlan 4
    instance 2 vlan 5
!
interface FastEthernet0/1
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport trunk allowed vlan 4
    switchport mode trunk
    switchport nonegotiate
    no cdp enable
!
interface FastEthernet0/2
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport trunk allowed vlan 5
    switchport mode trunk
    switchport nonegotiate
    no cdp enable
!
interface FastEthernet0/4
    switchport access vlan 4
!
interface FastEthernet0/5
    switchport access vlan 5
!
end
```

- výpis VLAN

SW3-C1#show vlan

| VLAN | Name | Status | Ports |
|------|----------|--------|---|
| 1 | default | active | Fa0/3, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24 Gi0/1, Gi0/2 |
| 4 | VLAN0004 | active | Fa0/4 |
| 5 | VLAN0005 | active | Fa0/5 |

- výpis STP

MST1

Spanning tree enabled protocol mstp

Root ID Priority 4097
 Address 781d.baa6.b818
 Cost 200000
 Port 3 (FastEthernet0/1)
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
 Address 0025.4652.4080
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

| Interface | Role | Sts | Cost | Prio.Nbr | Type |
|-----------|------|-----|--------|----------|------|
| Fa0/1 | Root | FWD | 200000 | 128.3 | P2p |
| Fa0/4 | Desg | FWD | 200000 | 128.6 | P2p |

MST2

Spanning tree enabled protocol mstp

Root ID Priority 4098
 Address 5489.9873.e760
 Cost 200000
 Port 4 (FastEthernet0/2)
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32770 (priority 32768 sys-id-ext 2)
 Address 0025.4652.4080
 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

| Interface | Role | Sts | Cost | Prio.Nbr | Type |
|-----------|------|-----|--------|----------|------|
| Fa0/2 | Root | FWD | 200000 | 128.4 | P2p |

Příloha.F: Konfigurace a výpisy k funkci OSPF

Tato příloha obsahuje konfiguraci a důležité výpisy z vybraných zařízení. Z pravidla se jedná o jedno zařízení Huawei – to které bylo popisováno při konfiguraci a o jedno zařízení Cisco. Některé konfigurační výpisy jsou zkrácené z důvodu příliš zdlouhavého výpisu.

Přepínač SW1-H1 Huawei

- konfigurace OSPF

```
[SW1-H1]display current-configuration
#
!Software Version V200R001C00SPC300
 sysname SW1-H1
#
router id 1.1.1.1
#
vlan batch 10 30 50
#
interface Vlanif10
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
#
interface Vlanif30
 ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
#
interface Vlanif50
 ip address 192.168.6.2 255.255.255.0
#
interface GigabitEthernet0/0/1
 port hybrid pvid vlan 10
 port hybrid untagged vlan 10
#
interface GigabitEthernet0/0/2
 port hybrid pvid vlan 30
 port hybrid untagged vlan 30
#
interface GigabitEthernet0/0/3
 port hybrid pvid vlan 50
 port hybrid untagged vlan 50
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
 network 192.168.0.0 0.0.0.255
 network 192.168.1.0 0.0.0.255
 network 192.168.6.0 0.0.0.255
#
return
```

- **výpis OSPF sousedů**

```
[SW1-H1] display ospf peer
OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1
      Neighbors
Area 0.0.0.0 interface 192.168.1.1(Vlanif10)'s neighbors
Router ID: 2.2.2.2      Address: 192.168.1.2
  State: Full      Mode:Nbr is Master      Priority: 1
  DR: 192.168.1.2 BDR: 192.168.1.1      MTU: 0
  Dead timer due in 40 sec
  Retrans timer interval: 5
  Neighbor is up for 02:55:24
  Authentication Sequence: [ 0 ]
      Neighbors
Area 0.0.0.0 interface 192.168.6.2(Vlanif50)'s neighbors
Router ID: 4.4.4.4      Address: 192.168.6.1
  State: Full      Mode:Nbr is Master      Priority: 1
  DR: 192.168.6.1 BDR: 192.168.6.2      MTU: 1500
  Dead timer due in 34 sec
  Retrans timer interval: 4
  Neighbor is up for 01:38:10
  Authentication Sequence: [ 0 ]
```

- **výpis OSPF cest**

```
[SW1-H1] display ospf routing
```

| Destination | Cost | Type | NextHop | AdvRouter | Area |
|----------------|------|---------|-------------|-----------|---------|
| 192.168.0.0/24 | 1 | Stub | 192.168.0.1 | 1.1.1.1 | 0.0.0.0 |
| 192.168.1.0/24 | 1 | Transit | 192.168.1.1 | 1.1.1.1 | 0.0.0.0 |
| 192.168.6.0/24 | 1 | Transit | 192.168.6.2 | 1.1.1.1 | 0.0.0.0 |
| 192.168.3.0/24 | 102 | Stub | 192.168.1.2 | 3.3.3.3 | 0.0.0.0 |
| 192.168.4.0/24 | 2 | Transit | 192.168.1.2 | 2.2.2.2 | 0.0.0.0 |
| 192.168.5.0/24 | 11 | Transit | 192.168.6.1 | 3.3.3.3 | 0.0.0.0 |

Přepínač SW3-C1 Cisco

- konfigurace OSPF

```
SW3-C1#show running configuration
Building configuration...
Current configuration : 1782 bytes
!
version 12.2
!
hostname SW3-C1
!
ip routing
!
interface FastEthernet0/1
  no switchport
  bandwidth 100000
  ip address 192.168.4.2 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/2
  no switchport
  bandwidth 1000
  ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/3
  no switchport
  bandwidth 10000
  ip address 192.168.5.2 255.255.255.0
!
router ospf 1
  router-id 3.3.3.3
  network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
  network 192.168.4.0 0.0.0.255 area 0
  network 192.168.5.0 0.0.0.255 area 0
!
end
```

- výpis OSPF cest

```
SW3-C8#sh ip route
Gateway of last resort is not set
C 192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C 192.168.5.0/24 is directly connected, FastEthernet0/3
O 192.168.6.0/24 [110/3] via 192.168.4.1, 00:02:54, FastEthernet0/1
O 192.168.0.0/24 [110/3] via 192.168.4.1, 00:02:54, FastEthernet0/1
O 192.168.1.0/24 [110/2] via 192.168.4.1, 00:02:54, FastEthernet0/1
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/2
```

- **výpis OSPF sousedů**

SW3-C8#sh ip ospf neighbor

| Neighbor | ID | Pri | State | Dead Time | Address | Interface |
|----------|----|-----|----------|-----------|-------------|-----------------|
| 4.4.4.4 | 1 | | FULL/BDR | 00:00:35 | 192.168.5.1 | FastEthernet0/3 |
| 2.2.2.2 | 1 | | FULL/DR | 00:00:36 | 192.168.4.1 | FastEthernet0/1 |

- **výpis OSPF databáze**

SW3-C8#sh ip ospf database

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

| Link ID | ADV Router | Age | Seq# | Checksum | Link count |
|---------|------------|------|------------|----------|------------|
| 1.1.1.1 | 1.1.1.1 | 1037 | 0x8000000D | 0x008E6C | 3 |
| 2.2.2.2 | 2.2.2.2 | 189 | 0x80000026 | 0x00E374 | 2 |
| 3.3.3.3 | 3.3.3.3 | 188 | 0x80000014 | 0x00CA84 | 3 |
| 4.4.4.4 | 4.4.4.4 | 1227 | 0x8000000F | 0x0041E9 | 2 |

Net Link States (Area 0)

| Link ID | ADV Router | Age | Seq# | Checksum |
|-------------|------------|------|------------|----------|
| 192.168.1.2 | 2.2.2.2 | 1090 | 0x80000007 | 0x00DEF4 |
| 192.168.4.1 | 2.2.2.2 | 190 | 0x80000001 | 0x003897 |
| 192.168.5.2 | 3.3.3.3 | 1935 | 0x80000004 | 0X00712D |
| 192.168.6.1 | 4.4.4.4 | 1527 | 0x80000003 | 0X00DFC3 |

Příloha.G: Konfigurace a výpisy k funkci RIPng

Tato příloha obsahuje konfiguraci a důležité výpisy z vybraných zařízení. Z pravidla se jedná o jedno zařízení Huawei – to které bylo popisováno při konfiguraci a o jedno zařízení Cisco. Některé konfigurační výpisy jsou zkrácené z důvodu příliš zdlouhavého výpisu.

Přepínač SW1-H1 Huawei

- konfigurace RIPng

```
[SW1-H1]display current-configuration
#
!Software Version V200R001C00SPC300
 sysname SW1-H1
#
router id 1.1.1.1
#
vlan batch 10 20 40
#
interface Vlanif10
  ipv6 enable
  ipv6 address 1::1/48
  ripng 1 enable
#
interface Vlanif20
  ipv6 enable
  ipv6 address 2::1/48
  ripng 1 enable
#
interface Vlanif40
  ipv6 enable
  ipv6 address 5::1/48
  ripng 1 enable
#
interface GigabitEthernet0/0/1
  port hybrid pvid vlan 10
  port hybrid untagged vlan 10
#
interface GigabitEthernet0/0/2
  port hybrid pvid vlan 20
  port hybrid untagged vlan 20
#
interface GigabitEthernet0/0/3
  port hybrid pvid vlan 40
  port hybrid untagged vlan 40
#
ripng 1
```

```
#  
return
```

- výpis RIPng cest

```
[SW1-H1]display ripng 1 route  
Route Flags:      R - RIPng  
                  A - Aging, G - Garbage-collect  
-----  
Peer FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818 on Vlanif10  
Dest 3::/48,  
    via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, cost 1, tag 0, RA, 20 Sec  
Dest 6::/48,  
    via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, cost 2, tag 0, RA, 21 Sec  
Peer FE80::225:46FF:FEOA:EEC1 on Vlanif40  
Dest 4::/48,  
    via FE80::225:46FF:FEOA:EEC1, cost 1, tag 0, RA, 9 Sec  
Dest 6::/48,  
    via FE80::225:46FF:FEOA:EEC1, cost 2, tag 0, RA, 9 Sec
```

- výpis RIPng databáze

```
[SW1-H1]display ripng 1 database  
1::/48,  
    Vlanif10, cost 0, RIPng-interface  
2::/48,  
    Vlanif20, cost 0, RIPng-interface  
3::/48,  
    via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, Vlanif10, cost 1  
4::/48,  
    via FE80::225:46FF:FEOA:EEC1, Vlanif40, cost 1  
5::/48,  
    Vlanif40, cost 0, RIPng-interface  
6::/48,  
    via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, Vlanif10, cost 2  
6::/48,  
    via FE80::225:46FF:FEOA:EEC1, Vlanif40, cost 2
```

Přepínač SW3-C1 Cisco

- konfigurace RIPng

```
SW3-C1#show running configuration
Building configuration...
Current configuration : 1642 bytes
!
version 12.2
!
hostname SW3-C1
!
ip routing
!
ipv6 unicast-routing
!
interface FastEthernet0/1
    no switchport
    no ip address
    ipv6 address 3::2/48
    ipv6 rip cisco enable
!
interface FastEthernet0/2
    no switchport
    no ip address
    ipv6 address 4::1/48
    ipv6 rip cisco enable
!
interface FastEthernet0/3
    no switchport
    no ip address
    ipv6 address 6::1/48
    ipv6 rip cisco enable
!
ipv6 router rip cisco
!
end
```

- **výpis RIPng cest**

```
SW3-C8# sh ipv6 route
IPv6 Routing Table - Default - 10 entries
R    1::/48 [120/2]
      via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, FastEthernet0/1
R    2::/48 [120/3]
      via FE80::225:46FF:FE0A:EEC2, FastEthernet0/2
      via FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, FastEthernet0/1
C    3::/48 [0/0]
      via FastEthernet0/1, directly connected
L    3::2/128 [0/0]
      via FastEthernet0/1, receive
C    4::/48 [0/0]
      via FastEthernet0/2, directly connected
L    4::1/128 [0/0]
      via FastEthernet0/2, receive
R    5::/48 [120/2]
      via FE80::225:46FF:FE0A:EEC2, FastEthernet0/2
C    6::/48 [0/0]
      via FastEthernet0/3, directly connected
L    6::1/128 [0/0]
      via FastEthernet0/3, receive
L    FF00::/8 [0/0]
      via Null0, receive
```

- **výpis RIPng databáze**

```
SW3-C8#sh ipv6 rip database
RIP process "cisco", local RIB
1::/48, metric 2, installed
      FastEthernet0/1/FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, expires in 176 secs
2::/48, metric 3, installed
      FastEthernet0/1/FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, expires in 176 secs
      FastEthernet0/2/FE80::225:46FF:FE0A:EEC2, expires in 163 secs
3::/48, metric 2
      FastEthernet0/1/FE80::7A1D:BAFF:FEA6:B818, expires in 176 secs
4::/48, metric 2
      FastEthernet0/2/FE80::225:46FF:FE0A:EEC2, expires in 163 secs
5::/48, metric 2, installed
      FastEthernet0/2/FE80::225:46FF:FE0A:EEC2, expires in 162 secs
```